

**Univerzita Karlova v Praze**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Fyzická geografie a geoekologie**



**Bc. Petra Hastíková**

## **VÝVOJ VYBRANÝCH FLUVIÁLNÍCH JEZER V NIVĚ LUŽNICE**

**Development of fluvial lakes in the Lužnice River floodplain**

**Diplomová práce**

**Vedoucí závěrečné práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.**

**PRAHA 2012**

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D. za cenné rady a konzultace, které mi poskytl během zpracování této práce a také za pomoc při terénních měřeních.

Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Jiřímu Žaloudíkovi, CSc. za ochotu a pomoc při konzultacích a za poskytnutí mapových podkladů.

Velký dík patří také mé rodině a příteli Martinovi Křivkovi za podporu a pomoc při psaní této práce a zpracování dat.

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

podpis

V Praze dne 22. srpna 2012

.....

## **Abstract:**

The object of the thesis is to evaluate the development of several chosen fluvial lakes in the basin of the river Lužnice, mainly in the section between the border with Austria and Suchdol nad Lužnicí. The river Lužnice in this particular section represents low intensity of modification. Many fluvial lakes are situated there and the river is meandering remarkably in the area. The first part of the thesis deals with the characteristics of the natural conditions in the basin of Lužnice and the defined floodplain and the problematics of lakes and their determination. The main part of the thesis focuses on the evaluation of the flow development and fluvial lakes of the Lužnice floodplain based on the data of a aersnaphoting . Because of the gradual decease of the meanders and straightening of the flows, it is possible to claim that the river has been considerably shortened with the passing time. In the thesis, 34 chosen fluvial lakes, that were measured morphometrically and batymetrically, were studied in detail.

## **Abstrakt:**

Předmětem této práce je zhodnocení vývoje vybraných fluviálních jezer v povodí Lužnice, především v úseku mezi státní hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí. Řeka Lužnice v tomto úseku představuje lidskou činností velmi málo ovlivněný fluviální systém. Nachází se zde velké množství fluviálních jezer a řeka zde výrazně meandruje. První část práce se zabývá charakteristikou přírodních poměrů povodí Lužnice a vymezené nivy a problematikou jezer a jejich vymezováním. Druhá stěžejní část práce se zaměřuje na zhodnocení vývoje toku a fluviálních jezer nivy Lužnice na základě dat z leteckého snímkování. Z hlediska postupného odškrcování meandrů a napřimování toku lze konstatovat, že se řeka postupným vývojem značně zkracovala. V rámci této práce bylo také podrobně studováno 34 vybraných fluviálních jezer, u kterých proběhlo morfometrické a batymetrické měření.

## Obsah

1. Úvod .....	6
1.1 Cíle práce .....	8
2. Povodí horní Lužnice .....	9
2.1. Hydrografická charakteristika celého povodí Lužnice .....	9
2.2. Geomorfologický vývoj toku Lužnice .....	12
2.3. Vymezení povodí horní Lužnice.....	14
2.4. Fyzicko-geografická charakteristika .....	16
2.4.1. Geologická charakteristika povodí.....	16
2.4.2. Geomorfologický přehled .....	18
2.4.3. Klimatické podmínky .....	19
2.4.4. Hydrologické poměry .....	22
2.4.4.1. Povodně v povodí horní Lužnice.....	23
2.4.4.2. Upravenost vodního toku .....	27
2.5.5. Pedologické poměry .....	29
2.5.6. Biogeografické poměry .....	30
2.5.6.1. Fytogeografie.....	30
2.5.6.2. Zoogeografie.....	31
2.6. Ochrana území .....	32
3. Jezera a jejich typy .....	34
3.1. Fluviální jezera .....	35
3.2. Vznik a vývoj meandrů.....	37
3.3. Terminologie a typologie tůní a říčních ramen.....	40
4. Metodika zpracování dat .....	45
4. 1. Zpracování leteckých snímků a vektorizace .....	45
4.2. Batymetrické mapování a zpracování dat .....	47



5. Výsledky .....	50
5. 1. Charakteristika a popis říční nivy v povodí horní Lužnice.....	50
5.2. Vyhodnocení změn ve vývoji toku a jezer.....	53
5.3. Vyhodnocení batymetrického mapování .....	72
6. Diskuze .....	98
7. Závěr .....	101
Seznam použité literatury a zdrojů .....	102
Seznam map, tabulek, grafů, obrázků a příloh .....	107

## 1. Úvod

Na téma jezera již bylo zpracováno mnoho odborných publikací, diplomových a dalších prací. Zabývají se jím lidé na celém světě. Pod pojmem jezero se ve většině případů ukrývá jezero přírodní, tedy jezero, které vzniklo přirozeně, působením přírodních sil. Fluviální jezera jsou v České republice druhým nejčastějším typem vodních ploch vzniklých přírodními procesy. Jsou vázána na nivy toků a jejich množství je odhadováno řádově na deset tisíc. V relativně nenarušených nivních ekosystémech jsou vodní plochy osídleny původními společenstvy. Představují významná centra druhové biodiverzity a přispívají k rozvoji stability krajiny. Mohou být domovem vzácných a chráněných živočichů. Mimo jejich ekologický význam, představují také jistý soubor poznatků o řece, ze kterého lze vyčíst historické údaje o vývoji koryta řeky, změny hydrologického režimu, ale i změny kvality vody a využití krajiny v povodí. Velkého významu nabývají fluviální jezera také v souvislosti s přirozenou protipovodňovou ochranou. Převládá snaha udržovat vodu v krajině a využívat její přirozené retenční schopnosti. Kromě vlastní retenční kapacity těchto jezer plní důležitou funkci ve zdrsnění a rozrůznění povrchu nivy. Erodovaný materiál vyhloubené tůně se na jiném místě nivy ukládá a díky této dynamice je niva horizontálně a především vertikálně členitější, což je pro retenci vody a retardaci povodňové vlny zásadní (Ložek 2003). V období rozlivů řeky do nivy se stávají fluviální jezera významnou využitelnou kapacitou omezující rozměr kulminační vlny. Antropogenní zásahy do koryt toků a způsob využívání přilehlých niv ovlivňují odtokové poměry daných toků.

Výzkum jezer na území České republiky patří k jednomu ze základních badatelských směrů na geografických pracovištích Univerzity Karlovy již po dobu téměř sta let. Studium jezer se postupně zabývala řada českých geografů. Jako první započal výzkumné práce profesor V. Švambera v letech 1903 – 1910, mezi další badatele mohu namátkou jmenovat J. Schaffera, K. A. Seldmeyera, K. Kuchaře, J. Kanského, B. Janského a další. (Janský a kol. 2003). V letech 1986 – 1993 byla řeka Lužnice a její niva cílem komplexního výzkumu, na kterém se podílela řada pracovníků Akademie věd ČR, vysokých škol zemědělských a některých dalších pracovišť jihočeského regionu. Povodí bylo zařazeno do projektu Ministerstva životního prostředí ČR VaV SM/2/57/05, který se zabýval dlouhodobými změnami poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami a do projektu Ministerstva zemědělství ČR NAZV QH82078 (2008-11), Retence vody v nivách a možnosti jejího zvýšení, řešenými na Přírodovědecké fakultě Karlovy univerzity v Praze. Předložená práce je jeho součástí.

Povodí Lužnice je svým způsobem jedinečnou ukázkou přirozeně meandrujícího toku střední velikosti, jehož dynamický vývoj probíhal kontinuálně v průběhu celého postglaciálu. Je jednou z mála českých niv, která si zachovala původní hydrologický režim díky absenci masivních vodohospodářských úprav. Zejména horní část povodí v úseku státní hranice – Suchdol nad Lužnicí reprezentuje nížinný meandrující tok ve své přirozené podobě, který je schopen vykonávat přirozené funkce říčního systému. Zahrnuje přirozený vývoj toku a časté téměř pravidelné rozlivy do okolní zachovalé pořiční nivy, zejména na jaře v důsledku zvýšené vodnosti vlivem tání sněhu v Novohradských horách. Horní Lužnice je výjimečná rozsahem takto zachovalého fluviálního prostředí a stupněm přírodní zachovalosti na území našeho státu. Niva horní Lužnice je v porovnání se všemi ostatními nivami na předním místě z hlediska koncentrace fluviálních jezer, vyskytuje se v ní více než 200 stálých i periodických tůň a mrtvých ramen. Tato práce se zabývá vývojem a dynamikou změn fluviálních jezer v úseku mezi státní hranicí a Suchdolem nad Lužnicí. Cílem je také zjistit základní informace o zkoumané lokalitě, sledovat dynamiku vývoje fluviálních jezer po extrémních hydrologických situacích a provést inventarizaci vybraných jezer ve sledovaném úseku nivy. Na základě terénního měření vytvořit batymetrické mapy.

Tato diplomová práce je členěna do 7 hlavních částí. V úvodní kapitole je nastíněna problematika této práce a na následující straně jsou shrnuty její cíle. Druhá část patří charakteristice přírodních poměrů povodí horní Lužnice a třetí pak následně problematice jezer a jejich vymezení. Ve čtvrté kapitole je shrnuta metodika. Pátá a nejdůležitější kapitola této práce se věnuje samotnému zhodnocení vývoje toku a vybraných fluviálních jezer nivy Lužnice. Poslední dvě části jsou věnovány diskuzi a shrnutí výsledků.

## 1.1 Cíle práce

Tématem diplomové práce je vývoj vybraných fluviálních jezer v nivě Lužnice. Cílem práce je zjistit, k jakým změnám došlo ve vývoji toku a jezer na vybraném úseku nivy mezi státní hranicí a Suchdolem nad Lužnicí. Vývoj změn bude sledován na základě zpracování mapových podkladů z leteckého snímkování od roku 1949 až do roku 2009 a jejich analýzy v prostředí geografického informačního systému.

Dalším cílem práce je sledování dynamiky změn vybraných jezer. Morfometrické parametry budou získány a dále zpracovány pomocí batymetrického mapování. Pro sledování detailních změn v morfometrii jezerních pánví a v prostoru nivy bude vybrán úsek ve výzkumné lokalitě „Základna“. Nalezené změny ve vývoji fluviálních jezer budou dány do souvislostí s významnými povodňovými epizodami na toku Lužnice, přičemž zdrojem hydrologických dat bude vodoměrný profil Pilař.

## 2. Povodí horní Lužnice

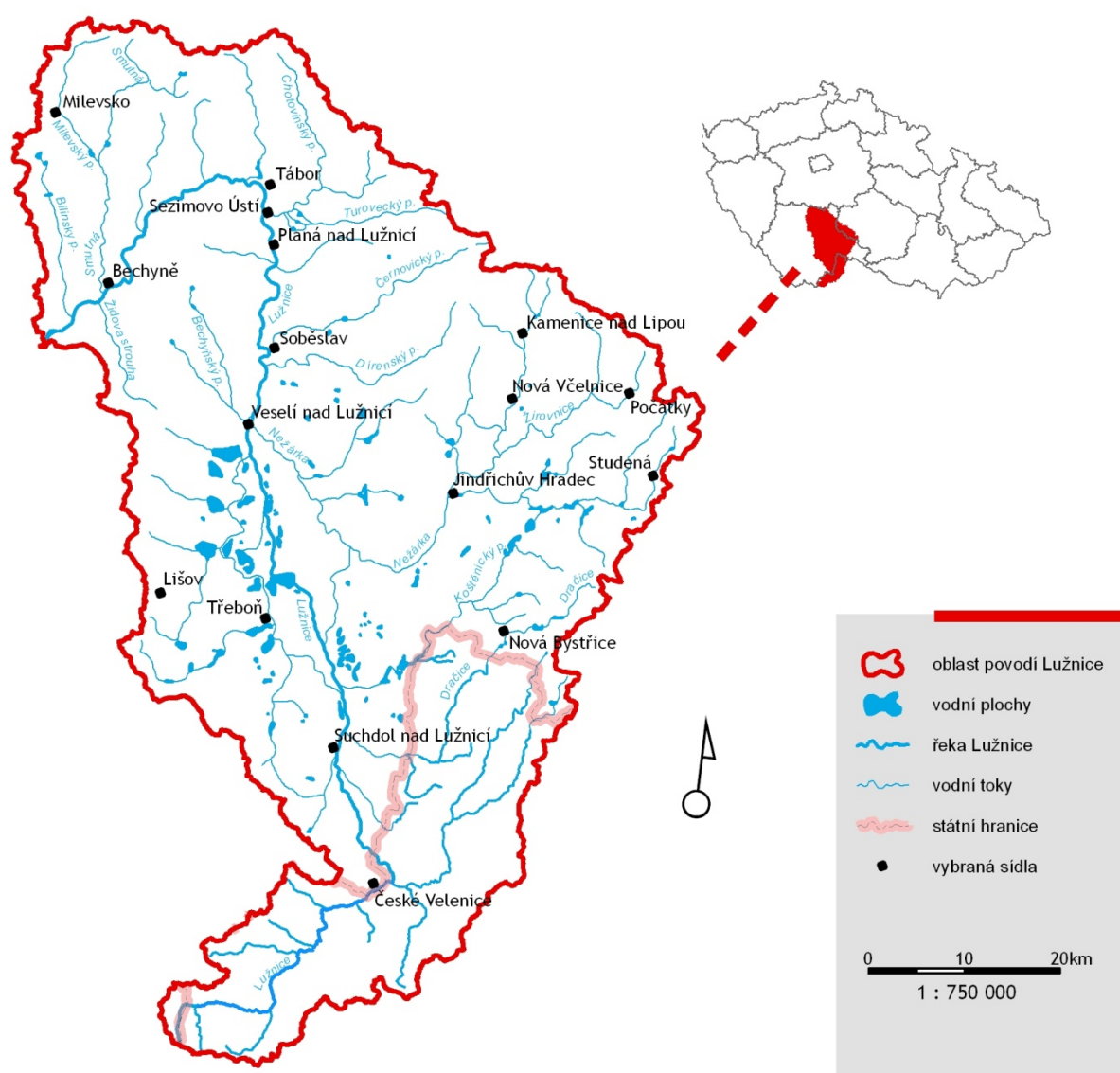
### 2.1. Hydrografická charakteristika celého povodí Lužnice

Povodí Lužnice se prostírá ve východní části Jihočeského kraje a v nejsevernější části Dolního Rakouska zvané Waldviertel. Pramení pod jménem Lainsitz na rakouské straně Novohradských hor (Freiwald), na západním svahu Aichlebergu v nadmořské výšce 990 m (Chábera 1985). Na území České republiky vstupuje nedaleko Pohoří na Šumavě po 1,5 km délky toku, kde se nachází nejvyšší bod české části povodí Myslivna (1040 m n. m.). Po krátkém úseku se Lužnice opět navrácí na rakouskou stranu a protéká územím Dolního Rakouska. Po 33,5 km tvoří 2,5 km dlouhý úsek naší státní hranice u Českých Velenic a poté se naposledy dostává na rakouskou půdu. Na naše území vtéká již nastálo u obce Krabonoš na 149,38 kilometru. Nejprve protéká směrem k severu rovinatou Třeboňskou pánví a poté vstupuje pod Planou nad Lužnicí do oblasti krystalinika Táborské pahorkatiny, kde tvoří hluboké, místy kaňonovité údolí, zejména mezi Tábořem a Bechyní (Chábera 1998). Do řeky Vltavy se vlévá po 189,6 km v nadmořské výšce 348 m u obce Neznašov (Hydrologické poměry Československé socialistické republiky 1965 – 1970). Povodí Lužnice je z jižní části vymezeno jeho pramennou oblastí Novohradskými horami, jedinou hornatinou vyskytující se v povodí. Na východě povodí se nachází pahorkatinné i vrchovinné části Českomoravské vrchoviny (v Rakousku se oblast nazývá Waldviertel). Na severu rozvodnice mezi povodím Lužnice a Sázavy vede po vrcholcích Středočeské pahorkatiny a na západě probíhá k povodí Malše a Vltavy podél Stropnického příkopu přes Lišovský hřbet až k ústí do Vltavy. Centrální část povodí tvoří rovina třeboňské pánve.

Řeka Lužnice je největším pravostranným přítokem řeky Vltavy v jižních Čechách. Podle absolutní řádovosti je tokem III. řádu. Celková plocha povodí měří 4226 km<sup>2</sup>. Jižní část rozvodnice náleží k hlavnímu evropskému rozvodí mezi úmořím Černého a Severního moře (Hydrologické poměry Československé socialistické republiky 1965 – 1970). Tok Lužnice o celkové délce 199 km je klidný a poměrně křivolaký – křivolakost 2,8 (poměr mezi skutečnou délkou toku a přímou vzdáleností od pramene k ústí). Průměrná hustota říční sítě s hodnotou 0,49 km toku na km<sup>2</sup> je naopak relativně nízká. Teoretická střední šířka povodí Lužnice (poměr plochy povodí k délce toku) činí 21,22 a odpovídá mírně protáhlému typu povodí. Koeficient protažení (poměr střední šířky povodí k délce vodního toku) je 0,102 a tím řadí Lužnici k nejnižší hranici protáhlého povodí (Šimek 2008). Nejvyšší místo povodí na našem území je vrchol Myslivny 1040 m, nejnižší místo je soutok s Vltavou v nadmořské výšce 347 m. Výškový rozdíl Lužnice od pramene po ústí činí 573 m, průměrný sklon je

2,8‰. Průměrný roční průtok u ústí do Vltavy je  $24,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Chábera 1986). Nejvyšší zaznamenaný průtok  $666 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  byl na profilu v Bechyni 16. 8. 2002, nejnižší tamtéž 31. 8. 1943  $1,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (ČHMÚ). Specifický odtok z povodí je  $5,75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$ , odtokový součinitel činí 0,27. Nicméně v různých charakteristikách můžeme v rámci povodí a dílčích subpovodí najít výrazné rozdíly. Lesnatost povodí je kolem 30 %. Povodí Lužnice svojí rozlohou zaujímá 15,05 % plochy povodí Vltavy (Havlová 1998). Podélný profil toku je značně netypický, nejmenší spád a nejširší niva se nenacházejí jako obvykle na dolním, nýbrž středním toku řeky. To souvisí s paleogeografickým vývojem povodí (Šimek 2008).

Mapa č. 1: Povodí Lužnice



Zdroj: Hastíková (2009)

Povodí Lužnice je vzhledem k osovému toku výrazně asymetrické. Plocha pravostranné části je více než dvojnásobná oproti levostranné. Odpovídá tomu i šířka povodí na pravé části toku, která zaujímá mimo pramennou oblast 20 – 46 km, na levé části od toku jen 12 – 20 km (Šimek 2008). Vzhledem k asymetrii povodí je převážná většina přítoků z pravé strany. Mezi nejvýznamnější patří Braunaubach (Skřemelice), Dračice, Koštěnický potok, Nežárka, nejvýznamnější přítok Lužnice (vzniká soutokem dvou pramenných toků – Kamenice a Žirovnice). Dalšími pravostrannými přítoky jsou Nadýmač, Černovický, Kozský, Jordánský a Oltyňský potok. K nejdelším přítokům patří Smutná. Posledním významnějším pravostranným přítokem je Bílinský potok. K významným levostranným přítokům patří Černá stoka, Bechyňský potok a Židova strouha. Několik desítek metrů před jezem Pilař odbočuje z řečiště umělý tok Zlatá stoka, která napájí soustavu velkých rybníků v okolí Třeboně. Dalším umělým kanálem, vytvořeným člověkem je Nová řeka, jejímž účelem je odvádět přebytečnou vodu při povodních z Lužnice do Nežárky a ochránit tak treboňské rybníky před protržením.

Vodní režim Lužnice se od našich ostatních řek příliš neliší (oderský typ). Nejvyšší vodní stavy se vyskytují v pramenné oblasti na jaře v době tání sněhu a počátkem léta jako následek letní bouřkové činnosti v povodí. Nejnižší vodní stavy jsou koncem léta a na podzim. Podzimní minimum na středním a dolním toku je v době výlovů nadleřšováno vypouštěním rybníků v době výlovů a po celý rok i přirozenými vývěry spodních vod ze sedimentů Třeboňské pánve.

## 2.2. Geomorfologický vývoj toku Lužnice

Vývoj vodních toků v povodí Lužnice úzce souvisí s paleogeografickými dějinami jihočeských pánví (Balatka 1958). Jihočeské pánve vznikly mladší saxonskou mobilitou diferencovanými poklesy podél již založených zlomových linií, za současného přetržitého vyplňování sedimenty. Geologický vývoj povodí Lužnice začal již v hercynském orogenním cyklu. K rámcovému dotvoření reliéfu došlo koncem paleozoika uložením platformního pláště permokarbonu (Schützner 1998). Oblast byla dlouho dobu souší, až přítomnost limnických křídových sedimentů v podloží terciérních uloženin ukázala na existenci deprese v oblasti dnešní kotliny ve svrchní křídě. Po přerušení se dále prohlubovala a vyplňovala jezerními nánosy znovu až v terciéru. V oblasti sníženin vznikla rozlehlá, mělká jezera (Balatka, Sládek 1962).

V následujícím období došlo vlivem geodynamických procesů k destrukci a denudaci území a k dotvoření zarovnaného povrchu. Pod vlivem tlaku alpského vrásnění, patrně již v oligocénu, došlo k poklesům území jihočeských pánví. Projevilo se to oživením starých zlomových linií (většinou směrů S-J a SZ-JV). Došlo k rozčlenění celého masivu na rozsáhlé megabloky a dílčí kry. Zaklesání jihočeských pánví probíhalo ve svrchní křídě za současné sedimentace převážně psamiticko-pelitického vývoje (Schützner 1998). Kam směřoval odtok jihočeských jezer, se nedalo bezpečně určit. V oligocénu a miocénu odtékaly jezerní vody pravděpodobně vitorazskou branou do povodí Dunaje. V té době patřila k povodí jihočeských jezer nejspíše i horní Jihlava (Balatka 1958).

Následný dlouhotrvající planační odnos zvětralín se selektivní denudací vytvořil dnešní reliéf – vyčnívající táhlé hřbety a suky, zarovnání plošin za hloubkové eroze vodních toků (Schützner 1998). Společně s pliocenním výzdvihem pásma Šumavy a Novohradských hor se stala hlavní příčinou přestavby říční sítě v podstatné části jižních Čech. V tomto období došlo k rozdělení jihočeské sedimentární pánve. Třeboňská pánev zůstala položena téměř o 100 m výše a dnešní Budějovická pánev poklesla o více než 300 m proti Rudolfovské hrásti. Lužnice prodlužovala svůj střední tok k severu za ustupujícím jezerem Třeboňské kotliny. Z existence nízkých teras na středním toku vyplývá, že patrně ve starším pleistocénu nebyla jezerní pánev zcela vyprázdněna. Po ústupu jezera došlo v plochem území Třeboňské kotliny k mladým změnám ve směrech vodních toků (Balatka, Sládek 1962). Na sever do povodí Labe si jako první našla cestu řeka Vltava. Jihočeská oblast se začala formovat severním směrem a začlenila se do úmoří Severního moře. Původní pramenné oblasti řeky Lužnice severně od Tábora se staly povodím dolního toku řeky. Mnohé přítoky na JV a V povodí si



do jisté míry zachovaly svá původní údolí směřující k jihu do povodí Dunaje. Až na svých dolních tratích ohýbají svou trajektorii toku k Lužnici, která teče naopak severním směrem.

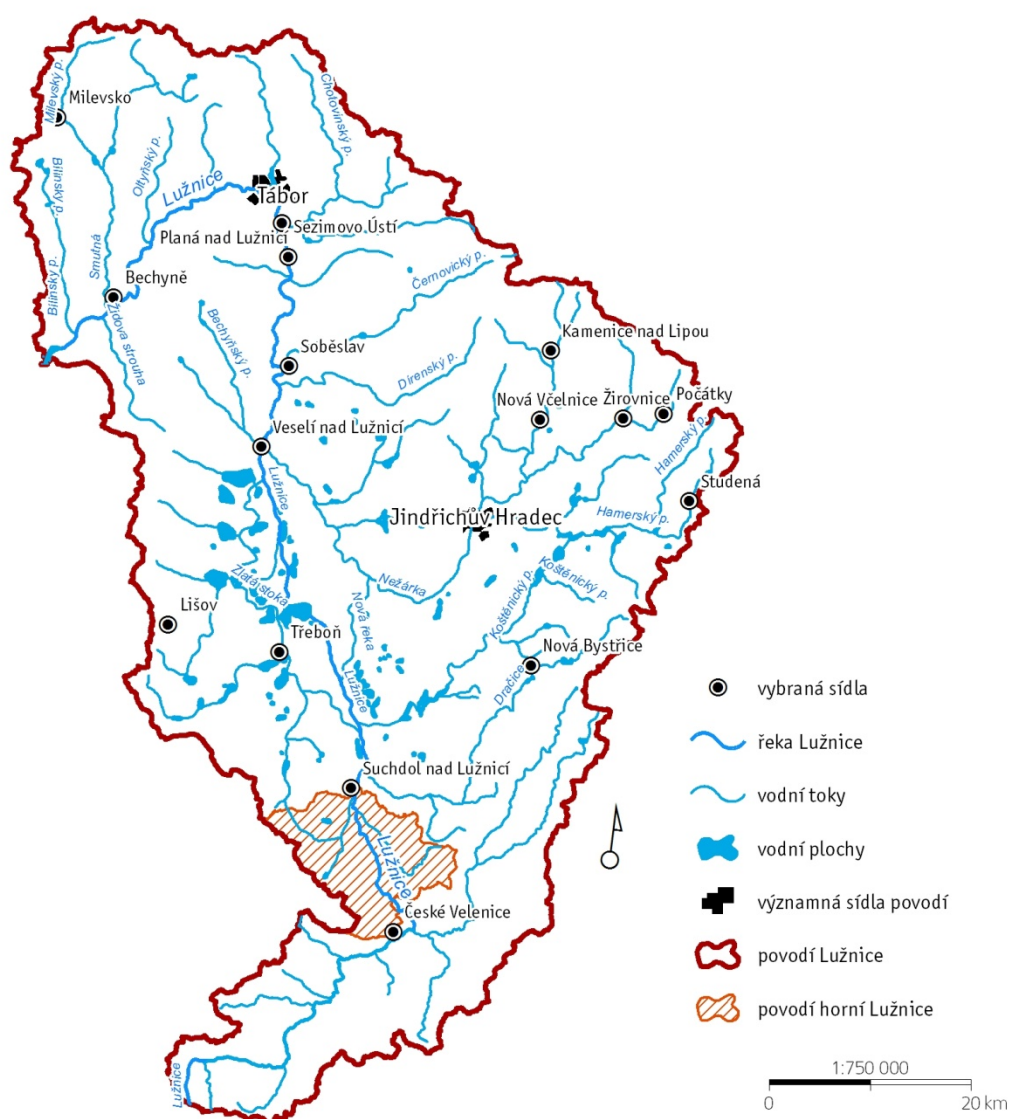
Údolí Lužnice lze rozdělit na tři morfologicky odlišné části. Horní tok SV směru je založen převážně v žulových horninách Novohradských hor. S ohybem řeky k SSZ vstupuje Lužnice do oblasti křídových a terciérních sedimentů Třeboňské kotliny, kde protéká mělkým a plochým údolím s malým spádem a v přírodních úsecích bohatě meandruje. V Plané nad Lužnicí se řeka začíná zahlubovat do krystalického podloží terciérních uloženin, ve kterém, zvláště po ohybu toku do JZ směru (pod Tábořem), vytváří hluboce zaříznuté údolí. Zahlubování probíhalo v sérii erozních a akumulčních cyklů, které jsou indikovány zbytky terasových úrovní. V hlubokém údolí setrvává Lužnice až do svého ústí do Vltavy (Balatka, Sládek 1962).

Říční terasy provázejí Lužnici v malých relativních výškách na celém úseku v křídových a terciérních sedimentech, v hlubokém údolí jsou zachovány hlavně pod Bechyní. V oblasti Třeboňské kotliny jsou průběžně vyvinuty dvě pleistocenní terasy ve výši do 20 m nad hladinou. Podobné terasy se zachovaly i na Nežárce (Balatka, Sládek 1962). Výraznější terasové úrovně lze dnes sledovat na středním a dolním toku, zejména v jesepních jádrech meandrových oblouků a zřídka při údolní hraně. Systém teras podél Lužnice je však značně komplikovaný a určit jednotlivé terasy je obtížné (Chábera 1972).

### 2.3. Vymezení povodí horní Lužnice

Tato práce je zaměřena na území toku horní Lužnice, zejména na úsek mezi státní hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí. Proto bych v této kapitole ráda vymezila povodí horní Lužnice, jakožto hlavní zájmové území. Povodí bylo vytyčeno přibližně v délce 20,5 km od české státní hranice, což odpovídá soutoku Lužnice s potokem Rybná, až po soutok s Černým potokem u Suchdola nad Lužnicí (mapa č. 2).

Mapa. č. 2: Poloha povodí horní Lužnice v rámci celého povodí Lužnice



Zdroj: databáze ArcCR, databáze DIBAVOD, databáze CEDA

Takto vybraný úsek toku horní Lužnice byl vymezen na základě dostupných rozvodnic (databáze DIBAVOD). Ačkoliv se takto vytyčený úsek vyskytuje z hydrologického hlediska ve středním toku Lužnice, je název *horní Lužnice* již zažitý termín pro tuto oblast a tuto část povodí Lužnice. Je takto používán i v mnoha jiných pracích a publikacích. Dokazuje to i fakt, že zde v roce 1994 vznikla přírodní rezervace Horní Lužnice.

Další část mé diplomové práce, ať už vybrané charakteristiky či vyhodnocování výsledků bude vztažena pouze k oblasti horní Lužnice.

Obr. č. 1: Řeka Lužnice v Nové Vsi nad Lužnicí



Obr. č. 2: Řeka Lužnice u Dvůrů nad Lužnicí



Zdroj: obě fotografie fotoarchiv autorky

## 2.4. Fyzicko-geografická charakteristika

### 2.4.1. Geologická charakteristika povodí

Povodí Lužnice se nachází v megastruktuře Českého masivu, v regionu moldanubika, které je součástí pásma evropských hercynid. Převážnou část povodí tvoří krystalinické moldanubikum, které je ve střední části překryto mladšími platformními sedimenty Třeboňské pánve. Geologický podklad Třeboňské pánve tedy tvoří přeměněné horniny pláště moldanubika, na kterých leží jako výplň pánve až několikasetmetrová souvrství svrchněkřídových (klikovské souvrství) a třetihorních sedimentů (Chábera 1985).

Moldanubikum je budováno silně regionálně přeměněnými horninami a hojnými granitoidními vyvřelými horninami. Přeměněné horniny moldanubika jsou zastoupeny různými typy pararul a migmatitů, světlými ortorulami a granulity. Moldanubické horniny byly několikrát zvrásněny a metamorfovány, naposledy v paleozoiku při variském horotvorném procesu, kdy byly proniknuty tělesy hlubinných vyvřelin. Ve sledovaném povodí je zasažena jednotvárná série tvořena monotónním souborem svorových rul a pararul bez výraznějších složek odchýlených hornin (Albrecht a kol. 2003).

Ve svrchní křídě byly jižní Čechy odvodňovány k jihu a jihovýchodu a byly pokryty zvětralínovým pláštěm. Začínající alpské vrásnění oživilo existující zlomy a začaly se formovat tektonicky založené příčně členěné deprese, z nichž se vyvinula dnešní Třeboňská pánev (Chábera 1998). Senonské sedimenty svrchní křídly tvoří velkou část nánosů Třeboňské pánve. Mocnost sedimentů zde dosahuje přibližně 100 m. Největší tloušťka přesahuje až 300 m, ale v důsledku kerného rozčlenění je značně proměnlivá. Tyto mezozoické sedimenty litologicky patří ke klikovskému souvrství, složeného z cyklického souboru kaolinických pískovců a prachových jílovců a tmavých jílu s rostlinnou drtí či světlých jílovců a jílu. Klikovské souvrství je nejstarším členem pánevní výplně, dosahuje největších mocností a pokrývá velkou část území (Albrecht a kol. 2003).

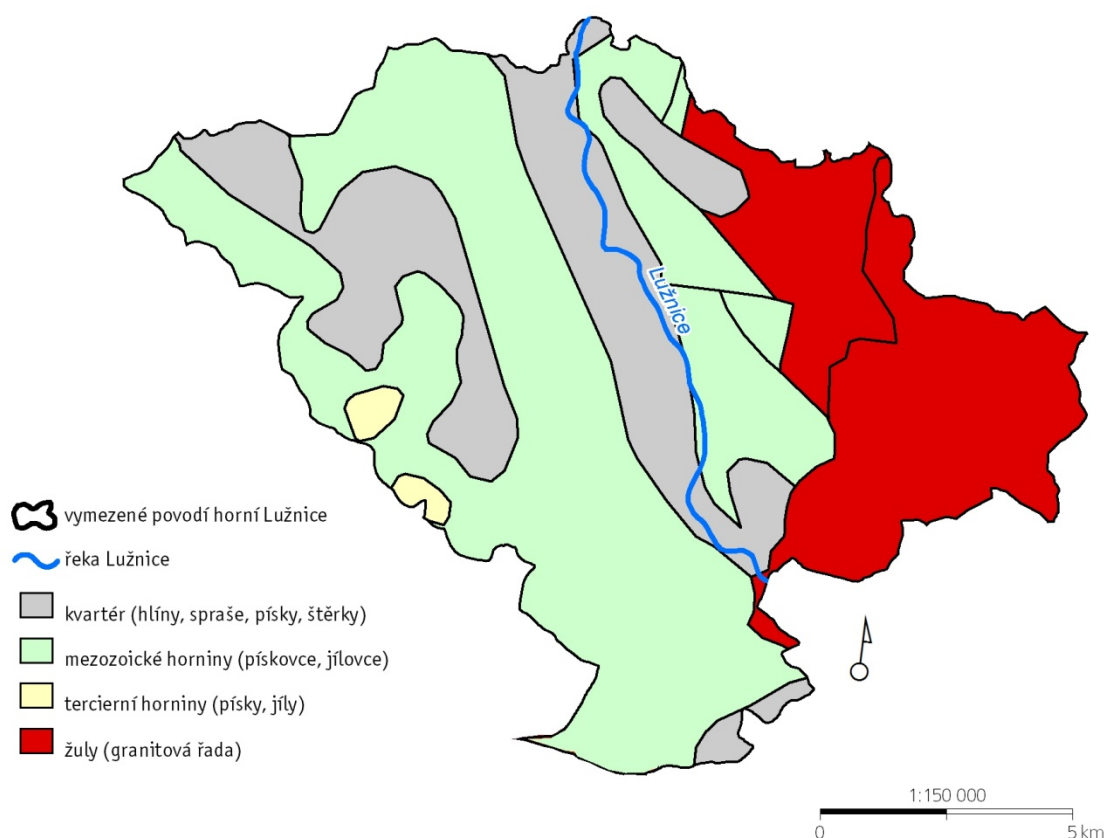
Třetihorní geologii tvoří především neogenní mydlovarské souvrství. Sedimenty se objevují převážně v jihozápadní oblasti Třeboňské pánve a dosahují mocností kolem 80 m. V blízkosti řeky Lužnice se vyskytují jenom jako relikt s mocností několika metrů (Prach, Jeník, Large 1996).

Pro oblast horní Lužnice jsou nejvýznamnější kvartérní fluviální sedimenty. Reprezentují je pleistocenní štěrkopísčité terasové uloženiny a holocenní povodňové hlíny. Kvartérní sedimenty jsou v pánvi nejtenčí (Chábera 1985). Fluviální sedimenty jsou nejrozsáhleji vyvinuty v pruhu širokém průměrně 3 km táhnoucím se podél horní poloviny

středního toku řeky Lužnice od Nové Vsi po profil Pilař. Sedimenty zde dosahují mocností obvykle 5 – 7 m, v přehloubeném korytě pod Novou Vsí až 23 metrů. Terasové stupně středního pleistocénu se vyskytují jen omezeně na východní straně nedaleko Českých Velenic. Jsou zachovány jako nejvyšší terasy, které jsou vyvýšeny až 20 metrů nad současnou nivou. Největší plochu fluviálních písků a štěrků tvoří risská sedimentace. Mocnost je různá podle polohy a odnosu s povrchem 8 – 11 m nad hladinou řeky i pod úrovní hladiny. Pleistocenní říční sedimentace je ukončena štěrkopísky würmské terasy mocné 1 – 5 m (Prach, Jeník, Large 1996). Ta je dále překrývána převážně holocenními náplavami, které se zde vyskytují ve formě jemných jílovitých a hlinitých písků a písčitých jílů, vyplňujících široká údolí řek a větších potoků až v kilometrových šířkách a několikametrových mocnostech (Chábera 1998).

Poměrně velké zastoupení mají v Třeboňské pánvi slatiny a přechodná rašeliniště, tzv. „blata“. Jejich vznik souvisí s cirkulací vystupujících podzemních vod do zlomových linií ve svrchnokřídových horninách a granitoidech moldanubického plutonu (Chábera 1998).

Mapa. č. 3: Geologické poměry v povodí horní Lužnice



Zdroj: databáze CENIA

#### 2.4.2. Geomorfologický přehled

Povodí Lužnice je situováno v jihovýchodní části povodí Vltavy i celých Čech. Z hlediska regionálního geomorfologického členění reliéfu (Balatka, Kalvoda 2006) patří do provincie České vysočiny, ve které je zastoupena dvěma subprovinciemi – Šumavskou a Českomoravskou. Šumavská subprovincie se nachází v pramenné oblasti v jihovýchodní části povodí a tak nespadá do vymezeného území horní Lužnice. Větší pozornost tedy věnuji subprovincii Českomoravské, která zasahuje do povodí horní Lužnice svou jižní částí oblastí Jihočeských pánví. Je součástí geomorfologického jádra Třeboňské pánve a jihozápadní částí Českomoravské vrchoviny a to celkem Javořická vrchovina.

Třeboňská pánev představuje rozlehlou, tektonicky podmíněnou, plochou sníženinu s podložím moldanubických hornin a permských sedimentů, která má mírně zvlněný reliéf jen při okrajích a na rozvodích. Je to typ reliéfu tektonického původu s akumulací výplní a erozně denudačním povrchem. Pod jednotku Třeboňská pánev patří na západní straně podcelek ploché akumulací roviny Lomnické pánve. Tato pánev je v celém sledovaném území nejrozsáhlejší oblastí, tvoří širokou od JJV k SSZ Lužnicí protékanou otevřenou rovinu v nadmořské výšce kolem 450 m. Je pro ni charakteristický plochý nebo jen mírně zvlněný reliéf, způsobený střídáním plochých mělkých údolí a nízkých plochých vyvýšenin, který vznikl na svrchnokřídových a terciérních sedimentech s rašeliništi a antropogenními tvary (Chábera 1998). Jižní část Lomnické pánve patří Českovelenické pánvi. Vlivem malého spádu, nedostatečného odvodnění a díky nepropustnému podloží v této části pánve vznikla rozsáhlá rašeliniště takzvaná blata a rybníkářská oblast.

Plochá Javořická vrchovina s erozně-denudačním povrchem, je zlomy postiženou megaantiklinálou, v jejímž reliéfu se výrazně uplatňují tvary ovlivněné vlastnostmi žul. Do povodí horní Lužnice spadá jeden její podcelek a to Novobystřická vrchovina. Vrchovina je tvořena především granitoidy centrálního moldanubického plutonu, který výrazně ovlivňuje tvárnost reliéfu (Chábera 1998). Charakteristické jsou pro reliéf Novobystřické vrchoviny četné výskyty žulových elevací s balvany a kamennými stády na vrcholech. Některé z nich mohou mít tvar hříbu či viklanu. Na balvanech jsou vyvinuty mikrotvary (skalní mísy, žlabové škrapy, výklenky). Pramení zde důležité pravostranné přítoky Lužnice jako Skřemelice, Dračice či Koštěnický potok. Do zájmové oblasti zasahuje pouze jeden její okrsek Maršovinská pahorkatina (Chábera 1986).



### 2.4.3. Klimatické podmínky

Pro klimatické podmínky v povodí Lužnice je určující geografická poloha v mírném klimatickém pásmu střední Evropy, geomorfologická členitost terénu či expozice terénu vůči převládajícímu západnímu proudění vzduchu (Albrecht a kol. 2003). Rozdíly mezi denními a nočními, stejně jako zimními a letními teplotami jsou výrazně vyšší, než v západní Evropě, ale nedosahují hodnot běžných v Evropě východní. Klimatické poměry jsou výsledkem přechodného suboceanického až kontinentálního středoevropského klimatu, které je místy výrazně ovlivněno mezoreliéfem, vegetací a půdními podmínkami. Oceánský charakter podnebí povodí se projevuje především svými teplotními, srážkovými a větrnými poměry. Oblačnost a množství srážek v oblasti je značně proměnlivé a výrazně kolísá (Havlová 1998). Hlavní dynamickou silou jsou cyklonální tlakové níže. Většinou přicházející od oceánu ze západu či severozápadu. Některé pro povodí Lužnice srážkově významné cyklony směřují do oblasti také z jihu či jihozápadu. Důležitou roli hraje v celém povodí i nadmořská výška, neboť má výrazný vliv na místní klima.

#### Teplotní poměry

Podle klimatologické rajonizace (Quitt 1971) patří převážná část povodí do mírně teplé klimatické oblasti. Nejteplejší je Třeboňská pánev. Tato oblast, MT11, se nachází na severu povodí v nejnižších nadmořských výškách. Průměrná roční teplota vzduchu zde dosahuje 7,5 až 8,0°C a s rostoucí nadmořskou výškou průměrná roční teplota vzduchu klesá přibližně na 6,5°C v 600 m a na 4,5°C v 1000 m. Území s nadmořskou výškou nad 700 m jsou začleněna do chladné klimatické oblasti CH7. Převážná část povodí horní Lužnice spadá do oblasti MT4. Jedná se o jižní část třeboňské pánve, která je poněkud vlhčí a chladnější, než severní polovina pánve. Podstatnou plochu zde tvoří pahorkatiny a nižší pásma vrchovin mezi izothermou 6 a 7°C. Průměrná roční teplota v Nové Vsi nad Lužnicí na jihu Třeboňské pánve je 7,2°C (Vlasák 2006).

Podle Atlasu podnebí ČR (2007) má Třeboňsko průměrné roční teploty vzduchu kolem 8°C. Průměrné sezónní teploty vzduchu se pohybují kolem 7-8°C na jaře, 15-16°C v létě, 7-8°C na podzim a -2- -1°C v zimě. Průměrná roční maximální teplota vzduchu je přibližně 33°C a minimální teplota -20°C. Pro Třeboňskou pánev jsou charakteristické i četné inverze s bezvětřím a mlhami.

Tab. č. 1: Klimatické charakteristiky

	CH7	MT4	MT11
Počet letních dnů	10 - 30	20 - 30	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	120 - 140	140 - 160	140 - 160
Průměrná teplota v lednu	-3 - -4	-2 - -3	-2 - -3
Průměrná teplota v červenci	15 - 16	16 - 17	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu	4 - 6	6 - 7	7 - 8
Průměrná teplota v říjnu	6 - 7	6 - 7	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	120 - 130	110 - 120	90 - 100
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	100 - 120	60 - 80	50 - 60
Počet dnů zamračených	150 - 160	150 - 160	120 - 150
Počet dnů jasných	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Zdroj: Quitt, 1971

CH7 – velmi krátké léto, mírně chladné a vlhké; přechodné období dlouhé s mírně chladným jarem a mírným podzimem; dlouhá, mírná, mírně vlhká zima s dlouhým trváním sněhové pokrývky

MT4 – krátké mírné léto, suché až mírně suché; přechodné období krátké s mírným jarem a mírným podzimem; zima normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky

MT11 – dlouhé, teplé a suché léto; přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem; zima krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky

### Povětrnostní podmínky

Ve volné atmosféře převládá v povodí Lužnice západní proudění, v přízemní vrstvě jsou směry i rychlost větru ovlivněny orografií. V Třeboňské pánvi dochází k mírnému odklonu k severozápadu, který je způsoben usměrňováním proudění podél delší osy pánve. Vítr ze západních směrů přináší do oblasti většinu vlhkosti. V oblasti se vyskytuje i vítr JV směru, který bývá většinou suchý. Vysoké rychlosti větru se v oblasti vyskytují v souvislosti se silnými bouřkami, či za rychlých přesunů front ve výrazném tlakovém gradientu mezi středy silných tlakových níží a výší, jež se navzájem velmi přiblíží (Albrecht a kol. 2003). Průměrná roční rychlost větru se zde pohybuje okolo 2 m.s<sup>-1</sup>.



## Srážkové poměry

Srážkové poměry jižních Čech se formují za spolupůsobení meteorologických, cirkulačních a geografických faktorů. Pro prostorovou diferenciaci srážek je rozhodující charakter reliéfu, členitost, výškové poměry, orientace pohoří a údolí, související s převládajícím prouděním vzduchu a srážkovou expozicí (Kuchařová in Váňová 2008).

Povodí Lužnice lze celkově označit za oblast mírně vlhkou. Roční průměrné srážky zde dosahují 690 mm. Značná část povodí však hodnot charakterizujících mírně vlhkou oblast nedosahuje a na menší ploše jsou tyto hodnoty výrazně překročeny. Kolem 44 % plochy povodí zaujímá oblast přechodná (500-650 mm), 48 % oblast mírně vlhká (650-750 mm) a zbylých 8 % zaujímá oblast vlhká (Šimek 2008).

Sledované území horní Lužnice patří v rámci celého povodí Lužnice k chladnější a zejména výrazně vlhčí oblasti. Průměrná roční výška srážek zde činí 748,7 mm, tedy o 59 mm více, než pro celé povodí (Vlasák 2006). V oblasti kolem Suchdola nad Lužnicí spadne v průměru 650 mm atmosférických srážek a směrem k jihovýchodu množství srážek narůstá.

Zde se severozápadní vítr nasytí vodními parami z rybníků a vlhkost ztrácí při výstupu do vyšších nadmořských výšek. Jižní část povodí je nejdeštivější, množství srážek se pohybuje okolo 800 mm za rok (Chábera 1985).

V povodí horní Lužnice platí, že je silně exponováno srážkám, jež přináší oblačnost z východního až severního, nejčastěji severovýchodního směru. Často jde o spojení s postupem cyklon z jihu či jihozápadu, jejichž střed se nachází východně od povodí. Takové situace se vyskytují častěji v letním období (Vlasák 2006).

V Atlase podnebí ČR (2007) je uveden průměrný roční úhrn srážek na Třeboňsku kolem 700 mm a směrem k Třeboni množství srážek klesá na 650 mm. Na jaře je průměrný úhrn srážek 150 mm, v létě 250 mm, na podzim 125 mm a v zimě je menší než 100 mm. V průběhu roku jsou tedy zaznamenávány nejvýznamnější srážkové úhrny v letním období, kdy v průměru spadne 39 % celoročních srážek. Z dlouhodobých průměrů vyplývá, že nejdeštivějším měsícem je červenec. Nejmenší srážkové úhrny jsou zaznamenávány v lednu, kdy přes zimní období spadne průměrně jen 16 % srážek. V rámci roku můžeme vyčlenit vlhčí periodu květen – září a sušší periodu listopad – březen. Měsíce duben a říjen jsou srážkově průměrné. Na jaře je množství srážek průměrně 24 % a na podzim 21 % (Nekovář 1967).

#### 2.4.4. Hydrologické poměry

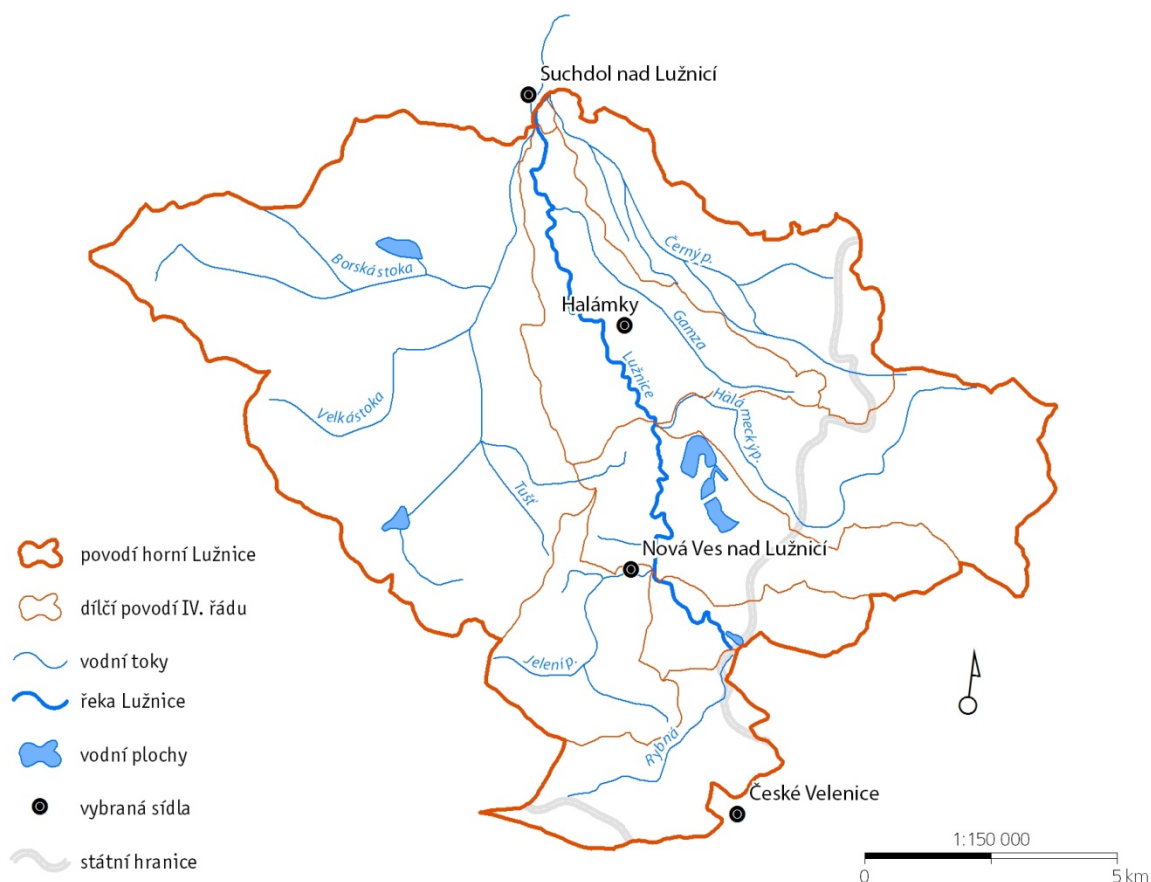
Lužnice má ve vymezeném úseku charakter nížinné řeky, tekoucí na svých náplavech. V 300 – 1700 m široké říční nivě, zřetelně oddělené od okolní krajiny terasovými stupni, má charakter přírodního, málo regulovaného, bohatě meandrujícího toku. Díky tomuto přirozenému vývoji je ve sledovaném úseku zachována dynamická rovnováha eroze a akumulace a procesu vzniku, vývoje a zániku fluviálních jezer typu mrtvých ramen i oválných tůní (Šimek 2008).

Povodí horní Lužnice se rozprostírá na ploše 146 km<sup>2</sup> (vlastní výpočet v prostředí GIS). Plocha povodí má bezprostřední význam na odtok a jeho velikost. Z hlediska tvaru povodí má oblast horní Lužnice zcela odlišný tvar, než ten který zaujímá celé povodí. To lze charakterizovat jako mírně protáhlé, zatímco horní Lužnice je silně vějířovitého typu (Svoboda 2011). Délka vodního toku horní Lužnice činí cca 20,5 km (vlastní výpočet v prostředí GIS), podléhá však neustálým změnám a to jak přirozeným vývojem koryta, např. vývojem meandrů nebo regulačními úpravami, díky kterým dochází k výrazným změnám v délce vodního toku. Míra křivolakosti toku Lužnice je obecně poměrně vysoká, udává poměr skutečné délky toku se vzdáleností od jeho pramene k ústí. Pro nejvíce zachovalou oblast toku, od státní hranice po Suchdol nad Lužnicí, kde teče Lužnice severním směrem bez výraznějších změn směru údolí, dosahuje křivolakost hodnoty kolem 2, což dokazuje výrazné meandrování toku. Horní Lužnice má ve zvoleném úseku velmi malý průměrný sklon 0,08 % (Černý 2008). Podle výpočtů uvedených v práci Svobody (2008) je sklon pouze 0,067 % a s celkovým absolutním převýšením jen 24 m. Průměrný roční průtok Lužnice na profilu Pilař je 6,21 m<sup>3</sup>/s (ČHMÚ). Vlivem přirozených vývěrů spodní vody v nivě dochází ke zmírnění rozkolísanosti průtoku (Černý 1994). Podrobnější informace o hydrologických poměrech horní Lužnice zpracoval Svoboda 2011 ve své diplomové práci.

Povodí horní Lužnice je významnou oblastí akumulace podzemních vod. Hlubinný oběh je zde vázán na křídové a terciérní sedimenty pánevní výplně a mělká podzemní voda se nachází v kvartérních sedimentech podél toku Lužnice (Lexová 1995).

Podle absolutní řádovosti toku náleží horní Lužnice do III. řádu, Vltava je tokem II. řádu a Labe je tokem I. řádu, ústící do Severního moře. Jednotlivé přítoky, jež ústí přímo do Lužnice náleží do toků IV. řádu. Ve vymezeném povodí se jedná o přítoky Halánecký potok, Gamza a Černý potok, vtékající do Lužnice z pravé strany. Levostranné přítoky jsou zastoupeny přítoky Rybná, Jelení potok a Tuš. Všechny přítoky jsou vyobrazeny na mapě č. 4.

Mapa. č. 4: Hydrografie povodí horní Lužnice



Zroj: databáze ArcCR, databáze DIBAVOD

#### 2.4.4.1. Povodně v povodí horní Lužnice

Zmínky o povodních lze z historických pramenů nalézt už od středověku. Z hydrologického hlediska však mají významnější hodnotu až ty záznamy, kdy už probíhala pravidelná měření vodních stavů, přibližně od druhé poloviny 19. století. Analýzou povodňového režimu Lužnice se zabýval zejména Vlasák (2007) a hodnotil zde povodně už od roku 1888. Uvedl, že na Lužnici je častější výskyt povodní na konci 19. století a naopak menší četnost v druhé polovině 20. století. Další zvýšený výskyt větších povodní pak nastává v posledním desetiletí. Svoboda (2011) na základě tohoto vyhodnocení analyzoval tři periody častějšího výskytu povodí. Jedná se o poslední desetiletí rozšířené i o události z let 1996 a 1997, dále pak období zvýšeného výskytu mezi léty 1949 až 1965 (samotné události v této periodě nenásledovaly jednotlivé roky za sebou, ale jejich výskyt byl rozložen během celého období) a poslední období během 20. let minulého století, k této periodě přiřazuje i povodeň z roku 1890 (největší známou v historické době).

Horní Lužnice je charakteristická tím, že má poměrně výraznou orientaci povodní do jarního období. Toto období záplav obvykle začíná v březnu a někdy se protáhne přes duben. Výskyt povodní je způsoben převážně relativně malými výškovými rozdíly, které způsobují, že obleva zasahuje zpravidla velkou část povodí a relativně malé odtoky se z velké plochy mohou koncentrovat do nebezpečných průtoků. Další příčinou je i fakt, že jarní tání probíhá často na promrzlé půdě a tedy není schopno tyto prostory zaplnit a odtokový koeficient může být vyšší než v letních měsících. V menší míře se povodně na Lužnici vyskytují i během letních měsíců a vyplývají z dlouhotrvajících plošných srážek, které zasahují většinu povodí. Intenzivní srážky z letních bouřek jsou nejčastěji spojené s přechodem brázd tlakové níže přes naše území (Vlasák 2006). Nejčastěji se letní povodně vyskytují v květnu a červenci, největší povodně se však vyskytly v srpnu (Svoboda 2011), patří sem i nejextrémnější zaznamenaná povodeň na Lužnici z roku 2002.

Povodně na Lužnici jsou typické především svou dlouhou doběhovou dobou a pomalým postupem povodňové vlny korytem toku. Nezáleží, zda byly způsobené srážkami nebo táním sněhu. Tento jev je způsoben především meandrujícím tokem Lužnice s malým sklonem, retenční schopností celé oblasti a vlivem rybníční soustavy (Vlasák 2007). Díky pomalému odtoku a silné schopnosti retence se po povodních na Lužnici udržuje delší dobu vysoká nasycenost a zvýšené průtoky v řekách (Vlasák 2006). Rozsáhlejší analýzou povodňových událostí a jejich režimem se ve své práci podrobně zabýval Svoboda (2011).

V posledních desetiletích byla niva Lužnice postižena několika velkými povodněmi, kdy se koryto řeky a okolní tůň v určitých úsecích dynamicky změnily. Povodně se projevovaly jak destruktivně, tak tvořivě. V přirozené nivě horní Lužnice většinou dochází při povodni pouze ke změnám ve směrech proudění mezi korytem, tůňmi a okolní plochou nivy, přičemž šíře koryta a tím i jeho kapacita zůstává víceméně stejná. Přirozená niva se tak stává důležitým faktorem, který je schopen do určité míry výrazněji přispět ke snížení povodňové vlny (Černý 2008). Pro dynamický vývoj tůní je důležitější více menších a krátkodobějších povodní, než jedna velká a déle trvající, při které je niva kompletně zaplavena a eroze proudící vody je výrazně zmenšena (Černý 1994). Při pomalejším nástupu méně mohutných rozlivů probíhá celý proces povodně daleko pomaleji. V případech menších rozlivů někdy ani nedojde k přelití vody do všech tůní. V některých se jen opožděně zvýší hladina vlivem podpovrchového průsaku. Rozliv tedy pokaždé nedostoupí do fáze přelití nivy v celé šíři (Šimek 2008). Extrémní nástup povodně, která má v osídlených a upravených oblastech ničivou sílu, v nivě působí spíše tvořivě, neboť silná eroze a akumulace způsobí zvýšení diverzity prostředí nivy (Ložek in Šimek 2008).

## Přírozené povodňové rozlivy

Povodňové rozlivy jsou přirozenou součástí dynamiky říčních niv. Hydrodynamické proudění při povodni, zejména při jejím nástupu, může ovlivnit tvar, zvýšit hloubku i dobu existence některých jezer. Rozlivy říční vody v nivě tedy přispívají k zmlazování některých tůní a umožňují jejich další existenci. Větší kinetická energie vody při velkých povodních může způsobovat také vznik nových tůní (Pithart, Černý 2003). Pozitivní efekt říční nivy s výskytem četných fluviálních jezer, jako v případě sledované nivy Lužnice, tkví především ve zpomalení průchodu povodňových vln.

Oblast nivy horní Lužnice je, díky svému přírodnímu neobydlenému charakteru, ideální lokalita pro studium přirozených povodňových rozlivů. Pithart a Simon (2003) sledovali rozlivy řeky na 141. říčním kilometru Lužnice (oblast Základna – bude podrobně rozvedeno v kapitole 5.3.) v letech 1989 až 1995. Z jejich výsledků vyobrazených v tabulce č. 2 je patrné, že k rozlivům do nivy dochází poměrně často, ale nepravidelně. Jednotlivé rozlivy trvaly od několika málo dnů až po několik týdnů jako v případě roku 1995.

Tab. č. 2: Počet rozlivů a délka jejich trvání v nivě Lužnice

Rok	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Počet rozlivů	4	2	3	11	1	2	9
Celkové trvání rozlivů (dny)	11	7	21	60	25	30	102

Zdroj: Pithart, Simon, 2003

Četnost rozlivů se mezi roky značně liší. Z tabulky č. 3 je zřejmé, že nejčastěji se rozlivy vyskytují brzy na jaře, jsou však různě dlouhé a intenzivní. Hodnoty vychází z výzkumů z let 1960 až 1993. Řeka v nivě opouští koryto i při nižších než povodňových průtocích (v situacích, kdy hladina vody v řece ještě zdaleka nedosahuje 1. povodňového stupně).

Tab. č. 3: Pravděpodobnost výskytu povodní v nivě Lužnici v určitém měsíci v roce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pravděpodobnost	0,2	0,3	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0

Zdroj: Prach, Jeník, Large, 1996

Dále se také rozlivy do nivy zabýval Šimek (2008) a navázal na Pithartův výzkum v oblasti 141. km. Podle jeho měření dochází k rozlivům do nivy již při hodnotách průtoku  $6,32 \text{ m}^3/\text{s}$  na stanici v Nové Vsi. První povodňový stupeň se zde přitom vyhláší až při  $23,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Z uvedených hodnot tedy vyplývá, že rozliv je v nivě skutečně běžnou záležitostí a nemusí být vždy spojován s povodní. Během 25 měsíců jeho výzkumu došlo ve sledované lokalitě k 16 rozlivům. V tabulce č. 4 jsou modře označeny rozlivy trvající déle než týden a oranžově, které byly součástí povodňové události. Nejdelší rozliv na konci roku 2007, který trval 42 dnů, překvapivě nebyl spojen s povodní. Podle Šimka (2008) výška vodní hladiny jednotlivých jezer po zaplavení nivy klesá výrazně pomaleji než hladina v samotné Lužnici. Mimo samotné naplnění depresí při rozlivu je i tímto efektem voda v nivě dále zadržována.

Tab. č. 4: Počet a trvání rozlivů do nivy na 141. km

VI-VII 06	VII 06	VIII-IX 06	I 07	II 07	III 07	III-IV 07	X 07	IX-X 07	X 07	XI-XII 07	I-II 08	III 08	IV 08	VII 08	VII 08
19	2	24	2	2	6	17	1	32	7	42	20	2	8	1	3

Zdroj: Šimek, 2008

Tab. č. 5: Počet a trvání rozlivů do nivy na 141. km

	Celkově	2007	VII-XII 06	I-VII 08
Počet rozlivů	16	8	3	5
Celková doba trvání rozlivů (dny)	188	109	45	34

Zdroj: Šimek, 2008

Rozlivy vody v nivě jsou běžné, zpomalují průtok rozvodněné řeky a tím i odtok vody z krajiny. V případě dostatečně členité nivy se postup povodňové vlny, díky vyššímu tření, zpomalí a vlna se zploští. Drsnost přírodní nivy bývá podstatně vyšší než drsnost povrchu říčního koryta. Většina vody tak teče při povodni po povrchu nivy a jen malé procento vody teče korytem (Pithart, Simon 2003).

Z fluviálních jezer v nivě dosahují největší retenční kapacity dlouhá mrtvá ramena, která se místy rozšiřují v laguny. Voda se do nich dostává brzy a řeka se tak dělí na několik křivolakých toků, což zmírňuje nástup povodňové vlny. V případě nízkých hladin zahloubených oválných a kruhových tůň chvíli trvá, než se jednotlivé tůně naplní a voda přeteče dál. Vznikají tak kaskádové systémy, jejichž retenční a retardační schopnost závisí především na mohutnosti a strmosti nástupu povodně (Šimek 2008).

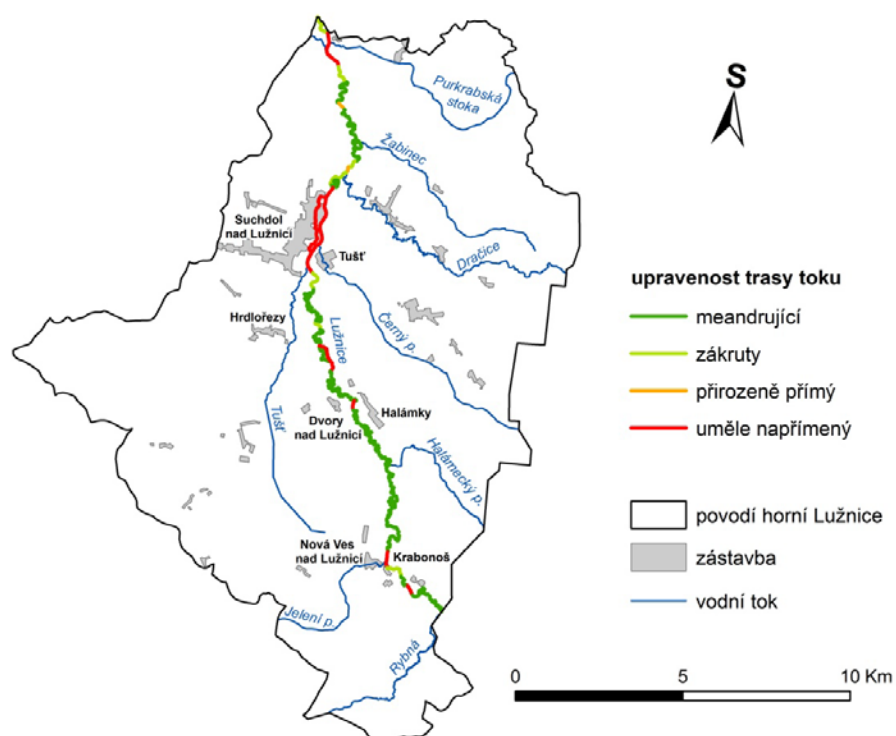
#### 2.4.4.2. Upravenost vodního toku

Vodní toky byly a stále jsou upravovány zejména kvůli zvýšení ochrany sídel a majetku před povodněmi, pro efektivnější využití v zemědělství či dopravě. Antropogenní upravenost říční sítě představuje významný činitel ovlivňující hydrologické poměry povodí. Lidské zásahy zejména do trasy toku, jeho příčného i podélného profilu i geometrie koryta mají vliv na velikost rychlosti odtoku z povodí, tvar povodňové vlny, souběh jednotlivých vln z dílčích subpovodí i celkovou kapacitu říční sítě. Nejvýstižnějším analytickým ukazatelem antropogenní upravenosti daného toku je upravenost jeho trasy. Jednou z nejčastějších a nejzávažnějších úprav je napřimování toků, ze kterých plyne řada negativních důsledků z hlediska odtokových poměrů. Zkrácením délky toku dochází ke značnému snížení objemu říční sítě a tím ke zvětšení objemu odtokové vlny, který je při povodních nutné uchovat mimo vlastní koryto (Langhammer 2007).

Zhodnocením antropogenních úprav toku horní Lužnice se zabýval Svoboda (2008). Pomocí metodiky upravenosti říční sítě a následků povodní HEM-F, zmapoval a vyhodnotil tok horní Lužnice od státní hranice s Rakouskem až po vodoměrný profil Pilař. Povodí horní Lužnice vymezené v mé práci tedy do jeho výběru spadá celé. Z celkové délky Lužnice 37,51 km, kterou ve své práci zmapoval, tvoří 65,8 % meandrující úseky. Lužnice od Nové Vsi až téměř po Suchdol představuje dlouhý, antropogenně téměř neovlivněný meandrující pás. Přejít mezi meandrujícím a napřímeným tokem tvoří zákruty, na které připadá 11 % délky toku. Jsou buď přirozeného původu, nebo částečně upravovány. Uměle napřímené úseky vytváří téměř 22 % délky mapovaného úseku. Další morfometrické ukazatele jako šířka koryta, jeho rozkolísanost a hloubka potvrzují fakt, že přirozené říční koryto je relativně mělké a z hlediska šířky více variabilní. Úpravy a zpevnění břehů jsou na celém sledovaném úseku Lužnice minimální (Svoboda 2008).

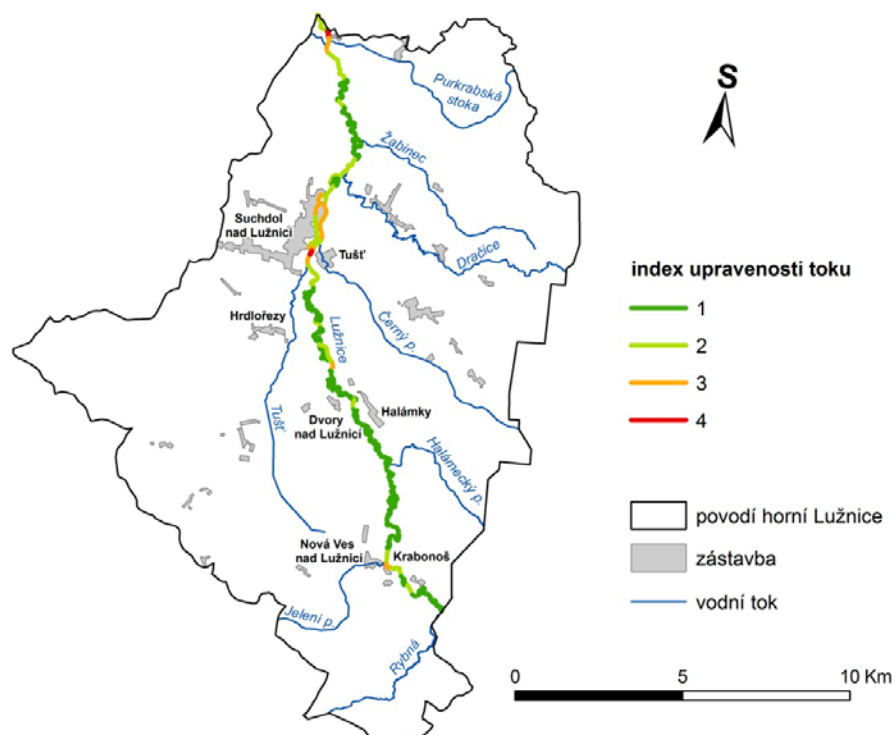
K nejdůležitějším výsledkům jeho práce patří kvantitativní vyhodnocení upravenosti toku Lužnice, které potvrdilo velmi malou upravenost jak toku, tak i přilehlé nivy v celé sledované délce, mimo část toku protékající Suchdolem nad Lužnicí. Jak je patrné z mapy. č. 5 a 6, došlo zde k napřímení toku a k dalším úpravám souvisejícím s protipovodňovou ochranou obce, což se projevilo i na celkovém komplexním indexu upravenosti toku. Hodnotou 1 jsou hodnoceny přírodní či minimálně ovlivněné úseky, částečně upravené úseky toku spadají pod hodnotu 2. Již výrazně upravené části toku spadají pod hodnoty 3 a 4. Hodnoty 5, která charakterizuje nejvyšší stupeň upravenosti, nedosáhl žádný z hodnocených úseků (Svoboda 2008).

Mapa č. 5: Upravenost trasy toku horní Lužnice



Zdroj: Svoboda, 2008

Mapa č. 6: Index upravenosti toku horní Lužnice



Zdroj: Svoboda, 2008



### 2.5.5. Pedologické poměry

Niva Lužnice tvoří jednu z nejheterogennějších regionálních jednotek struktury půdního pokryvu Třeboňské pánve. Změny znaků, vlastností a systémové příslušnosti půd se projevují nejen v regionálním, ale i v lokálním měřítku, kde je značná variabilita, jak v rámci heterogenní půdní kombinace, tak i v rámci jednoho půdního typu. V Třeboňské pánvi se v návaznosti na horninový podklad vyskytuje nejvíce rozmanitých regionálních půdních jednotek v České republice. Významnou roli v plochem akumulacním území nivy hraje reliéf, a s ním spojená intenzita hydromorfního vývoje, kdy vlivem různého stupně zamokření podzemní a záplavovou vodou z řeky nebo z pramenů na úpatí teras se střídají a vzájemně na sebe navazují geneticky příbuzné anhydromorfní, semihydromorfní a hydromorfní půdy (Lexová 1995). Třeboňsko je největším souvislým areálem těchto typů půd v Čechách. Rozšířené jsou pseudogleje a gleje. Organogenní půdy jsou zde z celých Čech nejpočetnější a vytvářejí plošně největší souvislé celky (Prach, Jeník, Large 1996).

Typickými organogenními půdami jsou rašelinné půdy. Vznikly v silně zvodněných bezodtokých depresích postupnou biologickou akumulací rostlinného materiálu. Podle typu se rašelinné půdy dělí v tomto povodí na půdy slatinné, které vznikly ve sníženinách s vysokým stavem spodní vody, a půdy přechodných rašeliníšť, které se vytvořily pod rašelinnými loukami. Projevuje se tak vliv povrchové nebo podzemní vody (Albrecht a kol. 2003).

Gleje se vyvinuly podél periodicky zaplavených tůní a kolem mrtvých meandrů důsledkem postupné akumulace jílu a organických látek během povodňových událostí. Nejvíce se nachází ve středních částech a základnách úbočí teras, ale mohou se také vyskytovat na plochých částech starých teras, kde jsou vyvinuty z vysoce zvětralých podzolů (Prach, Jeník, Large 1996). Pseudogleje se vyskytují převážně v plochem terénu, v mělkých terénních sníženinách v pahorkatinách i vrchovinách. Vyvinuly se vlivem periodické stagnace srážkové vody na nepropustném podloží a vyluhováním sloučenin Fe, Mn a Al humusovými kyselinami (Albrecht a kol. 2003).

V Třeboňské pánvi jsou dále vyvinuty podzolové půdy. Vytvořily se zde v nižších polohách na štěrkopískových terasových uloženinách Lužnice a na předkvartérních sedimentech. To bylo umožněno výrazně promyvným vodním režimem, který je předpokladem podzolizace. Stupeň podzolizace je vzhledem k střídání písků a jílu v matrici značně proměnlivý (Chábera 1985). V nejnižších úrovních terasy, v samotné nivě, se dále také vyskytují fluvizemě. Vznikly procesem akumulace humusu a opakující se akumulací minerálního materiálu při záplavách (Albrecht a kol. 2003).

## 2.5.6. Biogeografické poměry

### 2.5.6.1. Fytogeografie

Sledovaný úsek řeky v široké ploché Třeboňské pánvi je z ekologického hlediska nejcennější partií toku. Téměř celý úsek zde řeka protéká CHKO a Biosférickou rezervací Třeboňsko. Vegetace je zde dána zvláštními hydrologickými a geologickými poměry, hlavně zamokřením svrchních půdních vrstev a několik set metrů mocnými třetihorními sedimenty v podloží. Koncem 15. a v 16. století byly v jihočeských pánvích vybudovány rozsáhlé vodohospodářské soustavy a díky tomu zde zbyly kromě rašelinišť jen nepatrné zbytky původní vegetace. Vznikla zde vyvážená krajina s ideálním poměrem rybníků, lesu, polí a luk (Albrecht in Chábera 1986).

Velkým bohatstvím jsou rozsáhlé jehličnaté a listnaté lesy, ve kterých rostou místní provenience střeoevropských stromů a keřů. Nejcennější a hospodářsky významná je místní borovice lesní nazývaná „třeboňská borovice“. Další významnou dřevinou je borovice blatka a borovice zkrížená. V jehličnatých lesích na jílovitých půdách rostou porosty třtiny chloupkaté a játrovky. Ve zbytecích listnatých hájů nalezneme kopytník evropský, jaterník podléžku, lilii zlatohlavou. (Friedl a kol. 1991). V lesích se dále nachází mohutné exempláře dubů a lip, které najdeme soustředěné především na hrázích. Na suchých písčitých terasách a svazích rostou v duboborových světlých lesích černýš český, vzácný koniklec jarní a na vlhčích terasách zvonečník klasnatý a hvozdík pyšný (Albrecht a kol. 2003). Bohaté na vegetaci jsou také lužní lesy a olšiny. Na terasové sedimentární elevace navazují pásy acidofilních borů a reliktních borů silikátových podkladů, v některých sníženinách vznikla přechodová rašeliniště. V rašelinných lesích se setkáváme s bohatými porosty chráněného rojovníku bahenního. Zbytek území Třeboňska tvoří jednotka acidofilních doubrav.

Zvláště proslulé je Třeboňsko bohatostí druhů květeny stojatých a tekoucích vod. Z vodních rostlin se občas vyskytují porosty stulíků, leknínů, plavínů, d'áblík i kosatec bahenní či vachta trojlistá. Výrazně se však nivou invazivně šíří netýkavka žlaznatá, místy je niva zarostlá kopřivami dvoudomými. V tůních a mrtvých ramenech se hojně vyskytuje žebratka bahenní, stolítek klasnatý a přeslenatý a bublinatka jižní. Na okrajích vod se hojně vyskytuje kosatec žlutý a puškvorec obecný (Albrecht a kol. 2003).

Na Třeboňsku nalezneme i několik vzácných rozmanitých luk, rašelinných luk a ostřicových porostů. Významná je také květena na rašeliništích, kde najdeme velké množství druhů rašeliníku, vzácných suchopýrů a bohatý pokryv keříčků z čeledi vřesovcovitých jako jsou vřes obecný či porosty borůvek nebo brusinek (Friedl a kol. 1991).

### 2.5.6.2. Zoogeografie

Za několik posledních století prodělala krajina výrazné změny ve složení zvěřeny. Některé druhy nebyly schopny přizpůsobit se novým podmínkám a zanikly. Nové druhy se naopak v tomto prostředí šířily lépe. Mnoho druhů úzce souvisí s terénními podmínkami, nadmořskou výškou, rozložením lesů, polí, vodních ploch apod. (Albrecht in Chábera 1986).

Na Třeboňsku můžeme nalézt velké množství živočišstva. Je zde mnoho stálých druhů, ale i řada těch, kteří se zdržují jen po část roku. Jsou to hlavně ptáci, neboť Třeboňsko leží na významné evropské křižovatce tahů ptactva. Vyskytuje se zde velký počet ptáků vodních i mokřadních. Hnízdí zde řada druhů kachen a potápek, spatřit zde můžeme husu velkou či labuť. Nezamrzající úseky řeky a okolních stok jsou zimovištěm desítek volavek popelavých a stovek až tisíců kachen divokých. V rákosinách hnízdí volavka červená a vzácně i volavka bílá, na vlhkých lukách žije čejka chocholátá, sluka otavní a čáp bílý. Třeboňsko je i každoročním zimovištěm orla mořského (Friedl a kol. 1991).

Mezi další ochránářsky nejvýznamnější druhy obratlovců vyskytující se v říční nivě patří ropucha krátkonohá, ještěrka živorodá, ledňáček říční, hohol severní, chřástal vodní a polní, vodouš kropenatý, moták lužní a slavík modráček.

Ze savců jsou zde zastoupeny obvyklé druhy hlodavců, hmyzožravců, netopýrů, šelem a kopytníků. Bylo zde prokázáno přibližně 50 druhů savců. V nivě nachází potravu i úkryty značné množství zvěře, především srnec obecný a prase divoké. V mokřadních biotopech se vyskytuje rejsek vodní a hraboš mokřadní. Vzácným druhem vyskytujícím se kolem řeky a rybníků je vydra říční, která patří k největším a nejstabilnějším populacím ve Střední Evropě. Počátkem sedmdesátých let se opět rozšířil los evropský. Nově do oblasti Třeboňska migruje rys ostrovid (Albrecht a kol. 2003).

Velmi bohaté jsou i vody Třeboňska, kde se vyskytuje velké množství ryb. Některé jsou rozmnožováním vázány na nivní rozlivy. Kromě běžných druhů kaprovitých ryb se ve zdejším parmovém pásmu vyskytuje hojně okoun, štika, ale i mník jednovousý, hrouzek, slunka, střevle, vranka, mřenka mramorovaná, podoustev, především ve fluvialních jezerech i ohrožený piskoř pruhovaný či sekavec písečný (Holub a kol. 2008).

Řeka je bohatě oživena různými druhy makrozoobentosu, jako jsou různé druhy jepic, pošvatek a chrostíků. Také mrtvá ramena a především hlubší nezastíněné tůně jsou domovem řady vzácných vodních bezobratlých, vířníků i lineárních druhů klanonožců (Pithart, Černý 2003).

## **2.6. Ochrana území**

Povodí horní Lužnice spadá do několika zón chráněných území. Plošně největším územím o rozloze 700 km<sup>2</sup> je Chráněná krajinná oblast Třeboňsko, která byla vyhlášena 15. listopadu 1979. Již roku 1977 bylo Třeboňsko v rámci mezinárodního programu „Člověk a biosféra“ zařazeno mezi biosférické rezervace UNESCO. Zde je přírodní říční niva společně s rybníky a rašeliništi hlavním předmětem ochrany. Zajímavostí CHKO Třeboňsko je, že bylo vyhlášeno jako jedno z mála velkoplošných chráněných území v České republice v rovinaté krajině. Další zvláštností je ochrana krajiny, která je již od počátku kolonizace ve 12. století přetvořena činností člověka (Albrecht a kol. 2003). Po staletí tak vznikala velmi pestrá mozaika původních i umělých biotopů s odpovídající flórou i faunou, takže je prakticky na malé ploše soustředěno velké množství rostlinných a živočišných druhů. V roce 1990 v rámci Ramsarské konvence na ochranu mokřadů zde byly vyhlášeny dvě chráněné lokality, Třeboňské rybníky a Třeboňská rašeliniště. Celá část toku horní Lužnice byla v rámci programu NATURA 2000 zařazena do seznamu evropsky významných lokalit pod názvem Třeboňsko střed (Albrecht a kol. 2003).

Kvůli vysoké ekologické hodnotě je niva Lužnice chráněna také soustavou maloplošných chráněných území. Jsou to NPR Červené blato, NPR Žofinka, PR Na Ivance, PR Horní Lužnice, PR Krabonošská niva, PR Trpnouzské blato, PR Široké blato, PR Dračice, PR Bukové kopce a PP Pískovna Dračice. Z hlediska studie této práce jsou zajímavé zejména následující 2 lokality, kde je předmětem ochrany právě tok Lužnice a přilehlá niva: PR Krabonošská niva a PR Horní Lužnice.

### **PR Krabonošská niva**

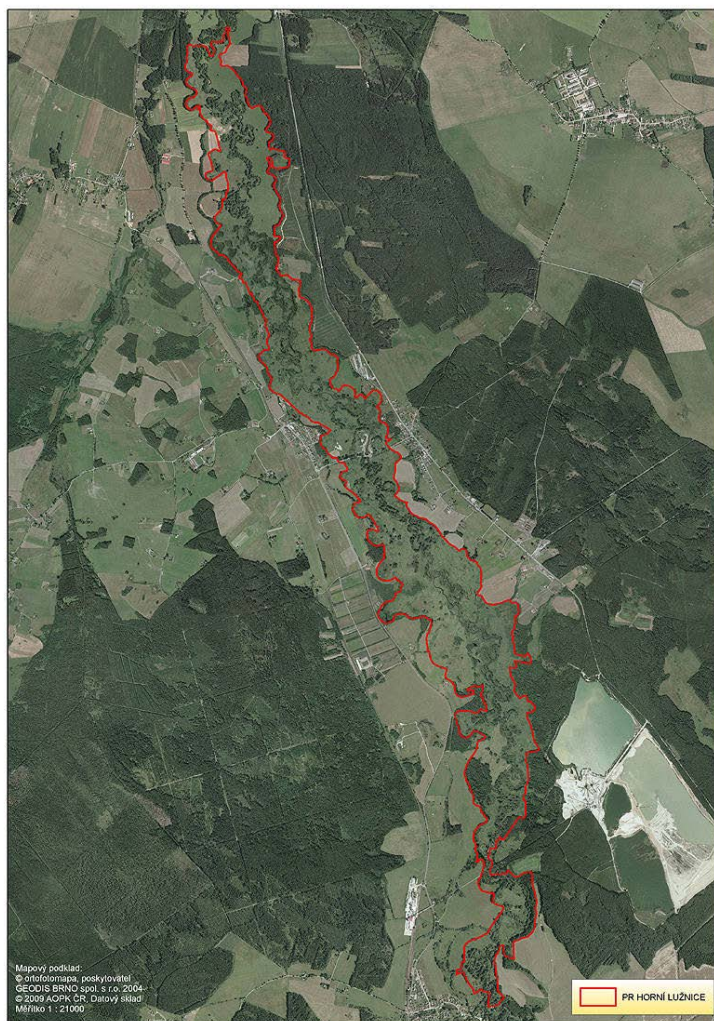
Tato rezervace s rozlohou 36 ha byla vyhlášena v roce 1998 v oblasti mezi státní hranicí s Rakouskem a Novou Vsí nad Lužnicí. Obsahuje přirozený 2,4 km dlouhý tok Lužnice, kolem kterého se nachází přibližně 20 tůní. Vzhledem k blízké poloze státní hranice nebyla lokalita dlouhodobě obhospodařována. V dnešní době není koryto řeky vůbec udržováno a celá oblast je ponechána přirozenému vývoji (Albrecht 2003).

### **PR Horní Lužnice**

Rezervace byla vyhlášena v roce 1994 na území mezi Novou Vsí nad Lužnicí a Suchdolem nad Lužnicí. Zaujímá rozlohu 414 ha a je tvořena 16 km dlouhým úsekem toku řeky Lužnice. Jedná se o jeden z posledních zachovalých úseků nížinné meandrující řeky na

území Čech. V periodicky zaplavované nivě lemované svahy říčních teras se nachází velké množství terénních depresí, mrtvých ramen a přibližně 140 různě velkých a hlubokých tůní s charakteristickou vodní a mokřadní vegetací a květenou. Lesní porosty se vyskytují pouze místy, břehy řeky Lužnice jsou pokryty přirozenými dřevinnými porosty s převahou dubů, vrb a olší. Niva byla v minulosti obhospodařována jako louky a pastviny, v dnešní době je většina ploch ponechána přirozenému vývoji. S výjimkou krátkého úseku pod Novou Vsí nad Lužnicí není zasahováno do vývoje vodního toku a břehových porostů. Dlouhodobým problémem území je znečištění vody v Lužnici pocházející z komunálních zdrojů a průmyslových areálů v městech České Velenice a Gmünd (Rakousko). Situace je postupně zlepšována budováním sítě čistících stanic a odpadních vod (Albrecht a kol. 2003).

Obr. č. 3: Přírodní rezervace Horní Lužnice



Zdroj: <http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz>

### 3. Jezera a jejich typy

V krajině se vyskytuje obrovské množství vodních objektů lišících se původem vzniku, umístěním v krajině, velikostí, hloubkou aj. Jedná se o jezera, přehradní nádrže, rybníky, tůně, louže a další. Některé se dají definovat přesně, jako například přehradní nádrže či rybníky, tedy vodní objekty vytvořené člověkem za určitým účelem. U ostatních jsou vymezení a definice obtížné. V české i světové literatuře se vyskytuje mnoho rozdílných názorů na to, jak správně definovat jezero. Existují tak definice geografické, geomorfologické, ekologické, limnologické, hydrobiologické a další.

Vznik a vývoj jezer jsou podmíněny dvěma základními faktory. Na zemském povrchu musí existovat určitá prohlubeň (pánev), která musí být zcela nebo částečně naplněna vodou, a to stále nebo alespoň dočasně (Janský a kol. 2003). Havlíková (2011) ve své práci uvádí jako nejvhodnější definici Forela (Forel 1901 in Šobr 2007), který považuje jezero za stojatou stagnující vodní hmotu, která se nachází v prohlubni zemského povrchu, na všech stranách je uzavřená a nemá povrchové spojení s mořem. Tato definice zahrnuje vnitrozemské stojaté vodní plochy téměř všech velikostí i umělé vodní plochy. V České republice jí však neodpovídá příliš mnoho jezer. Byla tedy vytvořena definice, která je přizpůsobena specifickým podmínkám České republiky. „Jezero je přírodní deprese na zemském povrchu nebo pod ním, trvale nebo dočasně vyplněná vodou, nemající bezprostřední spojení s mořem. Oproti rybníkům a malým vodním nádržím se jezera nedají jednoduchým způsobem vypustit“ (Janský, Šobr 2003).

Existuje mnoho kritérií k třídění jezer. Podle způsobu vzniku jezer se rozlišují jezera konstruktivní (tektonická), destruktivní (erozní činností vytvořená jezera) a obstruktivní (hrazená). Detailní členění popisuje jezera tektonická, vulkanická, sesuvem hrazená, glaciální, krasová, fluviální, eolická, jezera na mořském prostředí, organogenní, inundační a antropogenní (Šobr 2007). Podle rozsahu výměny vody v celém prostoru jezerní pánve holomiktická, meromiktická. Podle chemického složení sladkovodní, solná či minerální, podle biologicko-ekologického hlediska se rozlišují stupně trofie na eutrofní, oligotrofní a dystrofní, tj. podle množství organických látek a koncentrace biomasy ve vodě (Netopil a kol. 1984). Podle přítoku a odtoku vody se rozlišují jezera bezodtoká, odtoková, průtočná, konečná, podle teplotního režimu tropická, temperovaná, polární (Forel 1901).

V České republice patří k nejčastěji zastoupeným typům jezera fluviální a antropogenní. Vzhledem k zaměření této práce budou dále podrobněji popsány pouze jezera fluviální.

### 3.1. Fluviální jezera

Fluviální jezera se vyskytují v říčních nivách mnoha světových řek. Jejich výskyt je důkazem předchozího vývoje říčních koryt, především v úsecích středních a dolních toků. V podhorských oblastech dochází ke zpomalení rychlosti proudící vody, ukládání unášeného materiálu a řeka zde často překládá svá koryta nebo se rozlévá do různých ramen. V rovinatých a nížinných částech toku dochází akumulacími a erozními procesy ke změnám trasy koryta, k napřimování toku, odškrcení vedlejšího ramene a tvorbě zákrutů a meandrů (Janský a kol. 2003).

Meandry vytvářejí v nivě meandrový pás, ve kterém se jednotlivé zákruty posouvají směrem po toku, a zároveň se zmenšuje nejužší místo meandru, ve kterém dojde v posledním stádiu vývoje k protržení. Existují dva způsoby oddělování meandrů. Za prvé jde o oddělení zákrutu prořezáním výmolového koryta, které se stává hlavním tokem. Za druhé jde o protržení šíje meandru, které je označováno jako odškrcení. Následkem obou typů oddělení je značné zkrácení a prudké zvýšení sklonu toku (Schumm 2005). Takto vytvořená mrtvá ramena během dalšího vývoje koryta zůstávají stranou od hlavního říčního proudu a obvykle se stávají fluviálními jezery.

Poříční jezera mohou také vznikat zvýšením hladiny podzemní vody v nivě v období vysokých srážek či povodní nebo oddělením části koryta říčními náplavy. Kromě přirozeného vývoje řek může dojít ke vzniku jezera i uměle, odškrcením říčního meandru při napřimování koryta toku z důvodu protipovodňové ochrany nebo s cílem splavnit koryto. Nejčastěji se však tvoří v místech, kde je sklon koryta velmi pozvolný a dochází k meandrování toku.

Jezera mají protáhlý a prohnutý tvar, který je důkazem původního toku řeky. Stará ramena mohou být spojena se současným tokem jedním nebo oběma konci. Staré meandry však mohou ležet i ve velké vzdálenosti od současného koryta. Pak komunikují pouze podpovrchově propustnými vrstvami fluviálních sedimentů. Výška hladiny vody je dána výškou hladiny podzemní vody v říční nivě a často bývá hydrologicky spojena s hladinou vody v současném toku. Dno je většinou tvořeno hlinitým či jemně písčitém materiálem aluviálních náplavů se značným množstvím odumřelé organické hmoty (Janský a kol. 2003).

V nivách řek může samozřejmě docházet také k zániku fluviálních jezer. Hlavními činiteli způsobující zánik jezer jsou akumulace sedimentu a zarůstání makrofytní vegetací. Zazemňování fluviálních jezer závisí především na poloze jezera vůči sedimentaci při povodni, na množství sedimentu unášeného tokem za povodně, na morfometrických parametrech jezera, na míře napojení na hlavní tok apod. Nejpomaleji se zanášejí jezera



průtočná. Pokud dojde ke ztrátě povrchového kontaktu s tokem, rychlost zanášení prudce vzrůstá (Bauerová in Havlíková 2011). V jezerech dojde ke zvýšení sedimentace a k rozvoji vegetace, která se rychle rozrůstá. Její odumírající části zvyšují přísun organického materiálu do jezera. Velmi rychle se zazemňují odstavená ramena, protože vlivem regulace je eliminován vznik povodní, které z ramen odplavují jemný organický sediment. Nejrychlejším způsobem zániku je zavezení jezera zeminou, hlušinou nebo odpadem (Štěrbá 2008).

Fluviální jezera jsou nejrozšířenějším typem přírodních jezer v České republice. Jejich výskyt je hojný v oblasti středního Polabí (mezi Hradcem Králové a Mělníkem), v Pomoraví (mezi Zábřehem a Litovlí a mezi Otrokovicemi a soutokem s Dyjí), v Podyjí (od Nových Mlýnů po soutok s Moravou), v oblasti nivy Lužnice (Od Nové Vsi po Novou řeku), v Poodří Od Košatky po Ostravu-Petřkovice a v oblasti řeky Orlice (od Týniště po Hradec Králové). Lužnice, v porovnání se všemi ostatními nivami, zaujímá přední místo z hlediska koncentrace fluviálních jezer (Šobr 2007).

Tématem diplomové práce jsou fluviální jezera v nivě řeky Lužnice. Jedná se o jezera, která jsou intenzivně ovlivňována atmosférickými faktory, hydrologickým režimem toku a silnou interakcí s okolím, což se výrazně odráží ve fyzikálně-chemických a biologických charakteristikách tohoto vodního ekosystému.

Obr. č. 4: Fluviální jezera v přírodní rezervaci Horní Lužnice



Zdroj: Georeal, s.r.o. Plzeň, Hydrobiologický ústav – BC AV ČR, v.v.i., České Budějovice, 2009



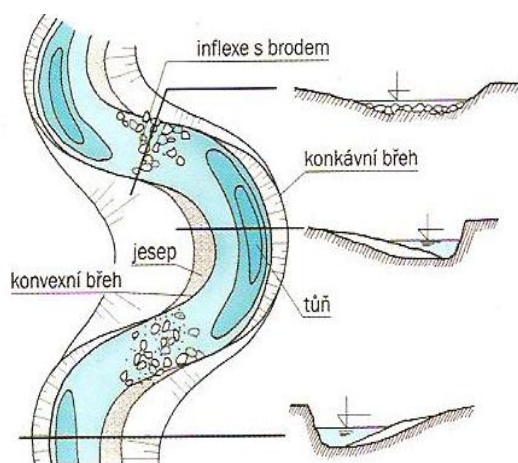
### 3.2. Vznik a vývoj meandrů

Meandrující tok je jedním ze základních morfologických typů přírodních koryt vodních toků. V místech, kde kinetická energie proudění není tak velká, aby koryto prořezávala do přímé trasy, a materiál koryta není tolik poddajný, aby umožnil vytváření oblouků, dochází k výraznému zvlnění trasy toku. Meandrování můžeme chápat jako přirozený přírodní způsob tlumení energie – tedy harmonické kmitání. Meandry se běžně vyvíjejí v místech, kde je v údolí k dispozici určitá šířka nivy a podélný sklon toku nepřesahuje 2 % (Just a kol. 2005).

Meandry se vytvářejí v náplavových rovinách středních a dolních toků řek v místech, kde se zpomaluje rychlost vodního toku a dochází k usazování unášeného materiálu. Nižší rychlosti proudění v rovinatém prostředí umožňují střídání erozních procesů s akumulací (Netopil 1984). Tvar koryta řeky závisí na vlastnostech prostředí a jejich rozdělení v profilu, na proměnlivosti průtoku a jeho rychlosti. V závislosti na velikosti těchto činitelů se mění podélný i příčný profil a to na jednotlivých místech i v průběhu času. Koryto řeky usměrňuje pohyb vody v údolí, ale jen dokud voda nevystoupí z břehů a nezaplní také inundační prostor, ve kterém potom teče směrem největšího spádu, nedbajíc na trasu koryta. Tato trasa má obvykle tvar vlnovky. Tento průběh je nejstálější formou řek, především v lehké rozrušitelných horninách. Následkem tohoto procesu se střídají úseky vymílání břehu a jeho zanášení, a to nejen po délce toku, ale i na obou jeho březích (Dub 1963).

Z hlediska morfologie meandru rozlišujeme dva druhy břehů (obr. č. 5). Tím prvním je *nárazový* (výsepní) nebo podle jeho vydutého tvaru nazývaný také konkávní. Jedná se o strmější břeh s dominancí boční eroze. Volné částice vody směřují setrvačností šikmo k břehu a stáčí se podle něho směrem ke dnu. Zintenzivňuje se zde vířivý pohyb, kterým se břeh rychleji rozrušuje. Vytvářejí se zde hlubší tůně, které zmírňují hloubkovou erozi a omezují tak další zahlubování koryta. Druhý typ břehu je *akumulační* (jesepní) a podle jeho vypuklého tvaru také konvexní, který je mírně ustupující. U něj je rychlost proudění menší, probíhá naopak šikmo vzhůru a tíha unášených částic působí proti němu. Proto zde dochází k ukládání transportovaného materiálu (obr. č. 6) (Netopil 1984). V místě ohybu, kde konkávní břeh přechází do konvexního, je koryto zpravidla širší a méně hluboké, jedná se o místa výskytu brodů v řece (Just a kol. 2005).

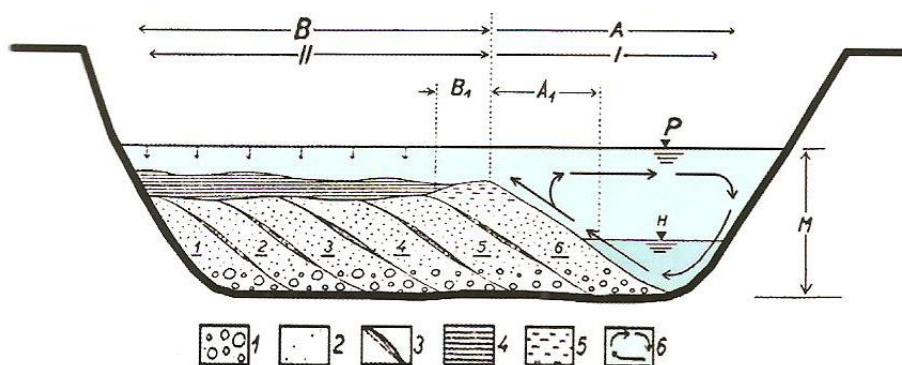
Obr. č. 5: Vývoj meandru



Zdroj: Just a kol., 2005

Za vrcholem jednoho zákrutu voda proudí napříč korytem a opětovně napadá protilehlý břeh. Střídavým napadáním protilehlých břehů se nárazové břehy posunují vně původního řečiště a nánosové dovnitř řečiště. Tímto procesem se zákruty zvětšují a zároveň pomalu posunují ve směru sklonu údolního dna. Jejich vývoj může vést až ke vzniku pravidelných smyček meandrů a ty vytvářejí široký meandrový pás (Netopil 1984).

Obr. č. 6: Ukládání materiálu v příčném řezu koryta v oblouku



A – řečiště, A1 – jesep, B – niva, B1 – přibřežní val, P – úroveň povodní, H – úroveň hladiny za běžných průtoků, M – normální mocnost naplavenin (aluvia), I – pásmo ukládání řečištních nánosů (1 – 6 – jednotlivá stadia tvorby řečištních nánosů), II – pásmo ukládání nivních nánosů (1 – štěrky, 2 – drobné štěrky až pisky, 3 – jílovité polohy, 4 – hlinitopísčité až jílovité uloženiny povodní (nivní aluvium), 5 – hlinitopísčité uloženiny přibřežního valu, 6 – směr příčné cirkulace v řečišti.

Zdroj: Just a kol., 2005

Meandry můžeme také rozdělovat podle několika zvolených parametrů jako je tvar, sklon, materiál dna, unášený materiál apod. Jedná se o čtyři typy. Jednotlivé typy meandrů jsou znázorněny na obrázku č. 7.

*Putující meandry* – vyskytují se v místech s většími podélnými sklony, umožňujícími meandrování. Mají hrubší, šterkovité a kamenité sedimenty, ve kterých se vytvářejí méně stabilní tvary. V korytě je dostatek transportovaného materiálu.

*Omezené meandry* – vytvářejí se v údolích s užším nivním pásem, v oblastech větších a středních podélných sklonů. Oblouky koryta putují údolím od jednoho svahu k druhému.

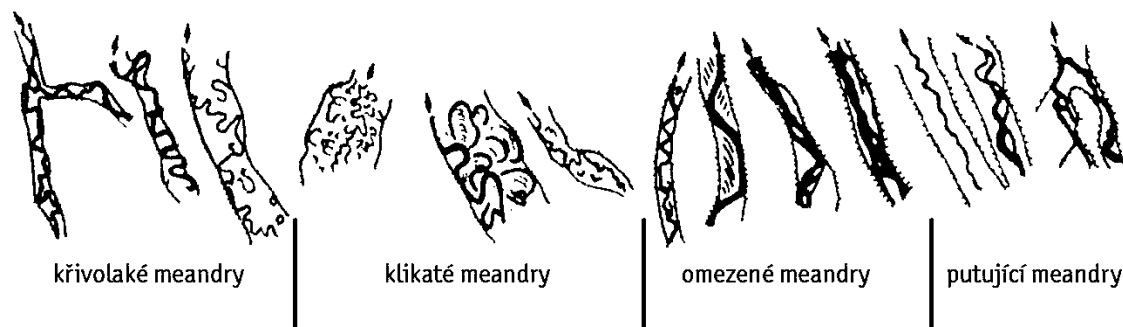
*Klikaté meandry* – vznikají v širších údolích s malými podélnými sklony. Převažuje v nich jemnozrnný materiál a řeka ukládá jemnější sedimenty.

*Křivolaké meandry* – tvoří se za podobných podmínek, avšak v místech, kde některé úseky toku probíhají až do protisměru (Gordon 1998).

Podle empirických výzkumů Justa a kol. (2005) byla zjištěna následující fakta. Šířka meandrového pásu bývá 10 až 14 násobkem šířky koryta. Poloměr meandrových oblouků bývá zhruba 2 až 3 násobkem šířky koryta. Vzdálenost mezi obloukem a následujícím brodem bývá 5 až 7 násobkem šířky koryta. Z hodnocení provedených autorem nebyl však prokázán jednoznačný vztah umožňující geomorfologickou klasifikaci toků. Trasa řeky tedy závisí na místních specifických podmínkách (sklon terénu, geologické složení podkladu, množství a charakter srážek apod.).

Z hlediska stability a následujícího vývoje lze meandry rozlišovat na dva typy. *Meandry volné*, které se vytvářejí v místech středních a dolních toků, kde řeka protéká málo zpevněným materiálem, který podléhá jejím erozním účinkům. Zpomaluje se zde rychlost vodního toku a dochází k usazování unášeného materiálu. Jsou charakteristické svou proměnlivostí. Řeka neustále zvolna přemísťuje svůj tok. Volné meandry se v rámci meandrového pásu pohybují poměrně rychle po směru toku. A *meandry zaklesnuté*, které vznikají v místech, kde řeka vytváří hluboké údolí v odolných horninách, nemůže snadno přemístit své koryto a zařezává se stále hlouběji (Netopil 1984).

Obr. č. 7: Typy meandrujících koryt



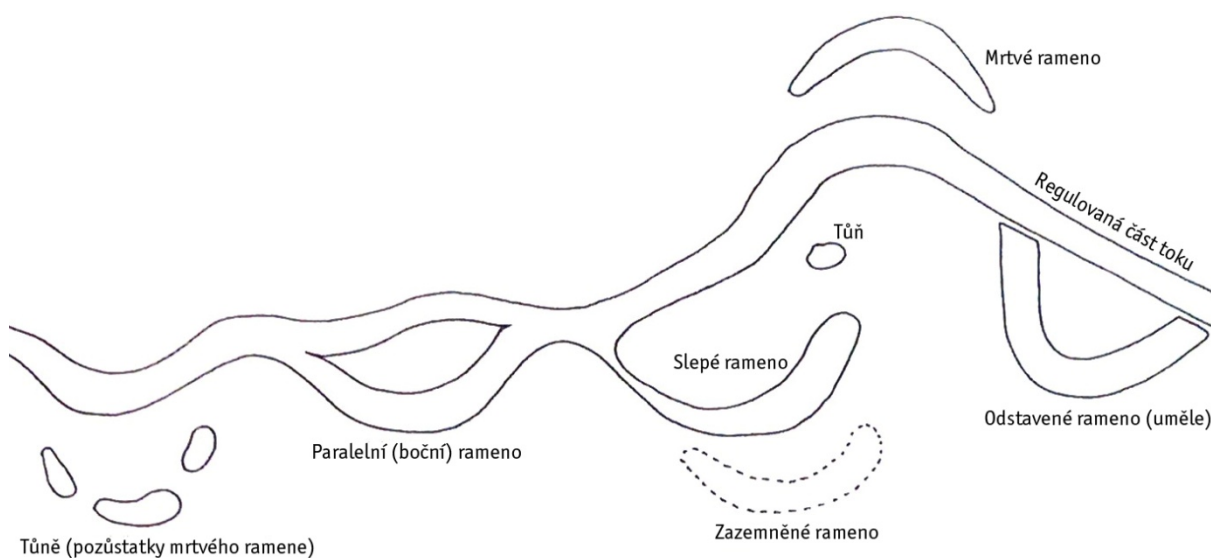
Zdroj: upraveno podle Wetzel in Chalupová, 2011

### 3.3. Terminologie a typologie tůní a říčních ramen

Postupem času došlo v nivách k vytvoření různých druhů stojatých vod. Jedná se o odstavená ramena, mrtvá ramena, jezera, tůně, močály i nádrže vytvořené člověkem. Podle Štěrbý (2008) má na jejich vzhled a funkci vliv několik faktorů jako například velikost, stáří, frekvence zaplavování lokality a kolísání hladiny, osvit hladiny sluncem, výskyt a absence ryb, způsob vzniku lokality, stupeň spojitosti s mateřským tokem a další. Vliv mateřského toku závisí na poloze objektů stojatých vod vůči toku. Dělí se na přímý či nepřímý.

Terminologie stojatých vod není jednoznačná. Často dochází k zaměňování pojmů či špatným překladům z cizích jazyků. Důvodem je velmi rozmanitý a nejasný způsob jejich vzniku a jejich dynamika, díky níž může docházet k přeměně jednoho typu v jiný. Husák a Květ (2000) vytvořili částečné pojmosloví (obr. č. 8). Jako dva nejčastěji užívané pojmy vyčlenili tůně a říční ramena. *Tůně* charakterizují jako přirozené menší nádrže vody (do 100 m<sup>2</sup>), které primárně vznikají vířivou činností vody při povodních, nebo se jedná o pozůstatky vodních ploch v zazemněných mrtvých ramenech. Podle Pitharta (Pithart, Černý 2003) se může velikost tůní pohybovat od 10 do 400 m<sup>2</sup>. *Říční ramena* byla nebo stále jsou součástí toků, mají protáhlý tvar a jejich délka několikanásobně převyšuje jejich šířku. Jedná se buď o *mrtvá nebo stará ramena*, která jsou zcela oddělena od toku a voda v nich proudí pouze za povodní, nebo *ramena funkční*, která jsou protékána stále. Třetím typem jsou *ramena slepá*, napojená na tok pouze jedním koncem (Husák a Květ 2000).

Obr. č. 8: Příklady vodních objektů v nivách



Zdroj: přepracovala Havlíková, 2011 podle Husák a Květ, 2000

Typologií tůní a ramen existuje celá řada. Jsou klasifikovány podle morfologických vlastností, hydrologického režimu, fyzikálních a chemických vlastností vody, přítomnosti organismů a dalších hledisek. Následkem působení povodňových proudů a překládání meandrujícího koryta zůstávají v nivě vedlejší, stará a mrtvá ramena a tůně, které představují cenné vodní a mokřadní biotopy.

Oproti výše zmíněným autorům například Just (2005) vymezuje pojmy podle spojitosti s hlavním tokem. Rozlišuje následující druhy říčních ramen (obr. č. 9):

*Vedlejší rameno* – stále protékané rameno, probíhající souběžně s hlavním tokem.

*Staré rameno* – již neprotékané rameno, stále jednostranně spojené s aktivním korytem.

*Mrtvé (odstavené) rameno* – rameno už není spojeno s aktivním korytem, komunikují pouze podzemní vodou.

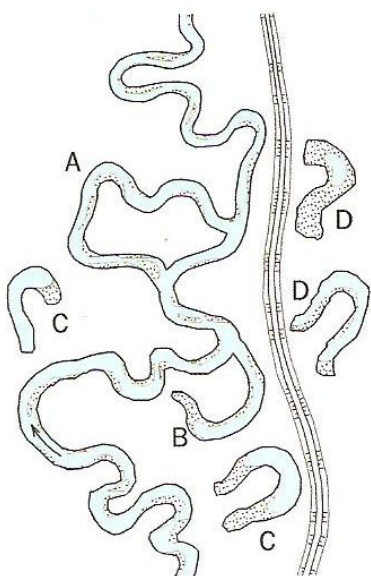
*Mrtvé (odstavené) rameno oddělené hrázemi* – rameno postrádá i povodňovou komunikaci s aktivním korytem, rychleji se zazemňuje a zarůstá (Just a kol. 2005).

Další vodní útvary, nacházející se v okolí řeky, které nejsou zbytky starého koryta, definuje takto:

*Tůně* – prohlubně zaplněné vodou, které vznikly v nivní ploše za povodní soustředěným lokálním vymíláním rychle tekoucím povodňovým proudem. Mohou se také vyskytovat v místech nějaké poruchy terénu, která podporuje vznik výmolu.

*Periodické tůně* – zaplněné vodou jenom po část roku.

Obr. č. 9: Názvosloví říčních ramen



A – vedlejší rameno

B – staré rameno

C – mrtvé (odstavené) rameno

D – mrtvé (odstavené) rameno oddělené hrází

Zdroj: Just a kol., 2005

Další klasifikaci říčních ramen a tůň přináší Pithart, Černý (2003). Říční ramena odlišuje od tůň na základě jejich délky vodního tělesa. Přesahuje-li délka mnohonásobně jeho šířku, nejedná se již o tůň. Ty totiž nabývají spíše kruhových tvarů. Říční ramena dále člení tímto způsobem (obr. č. 10):

*Mrtvá, stará ramena* – staré oddělené vodní plochy protékané jen za povodní, vznikají přirozeným vývojem koryta řeky.

*Dvojitá, paralelní, anastomozující ramena* – funkční větví se ramena hlavního a vedlejších koryt.

*Slepá ramena* – neprůtočná ramena napojená na tok jen jedním koncem.

*Odstavená ramena* – bývalé meandry dnes napřimených řek, vznikají uměle po vodohospodářském zásahu.

Odškrcením říčních ramen vznikají podle Pitharta (Pithart, Černý 2003) oválné a kruhové tůně. Ramena jsou různě hluboká, na některých místech se zanášejí, na jiných se vymíláním prohlubují. Tůně dále pak dělí podle doby zvodnění na tyto druhy (obr. č. 10):

*Tůně stálé* – přirozené menší nádrže různého charakteru a původu.

*Tůně periodické jarní* – vznikají během zvýšených jarních průtoků řeky způsobených táním sněhu, nejčastěji mezi únorem až květnem.

*Tůně periodické letní* – vznikají v době silných letních dešťů.

Rozlišení na tůně stálé a periodické nemusí být vždy podmíněno přítomností vody. Periodické tůně mohou za jistých meteorologických podmínek vysychat jen částečně a stejně tak mohou i stálé tůně v určitých letech vyschnout úplně.

Stojaté vody je možné také členit podle intenzity kontaktu vodních těles v nivě s vlastním tokem řeky. Amoros a kol. (1987) vypracoval následující rozdělení:

*Eupotamon* – představuje hlavní tok a boční ramena, která jsou neustále protékána vodou.

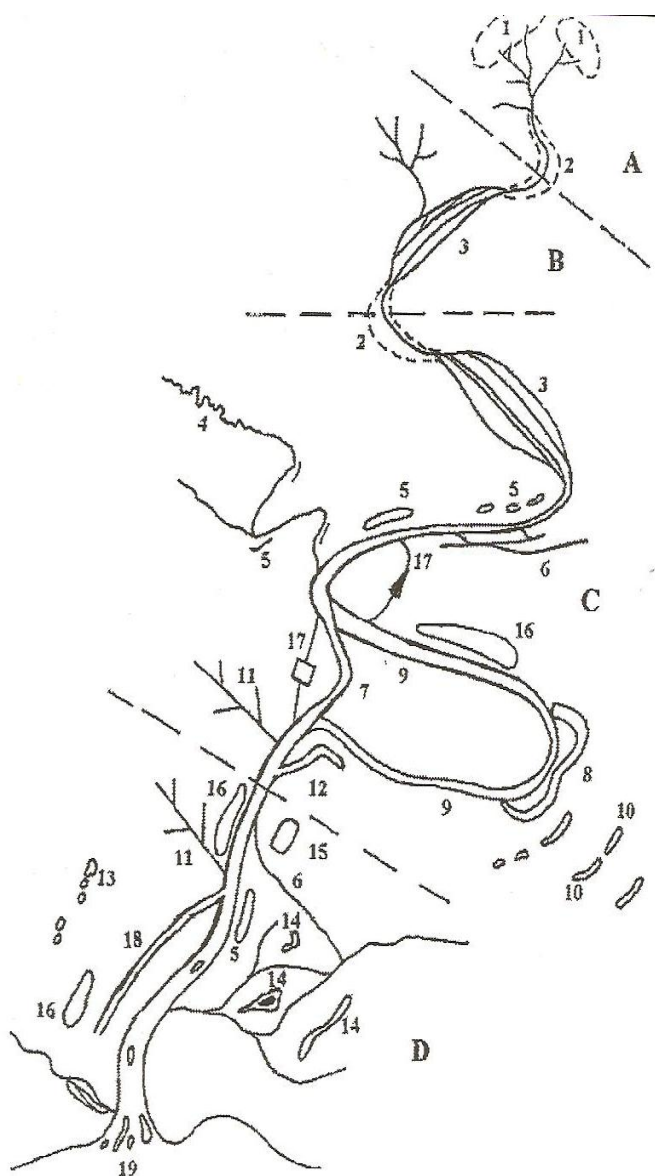
*Parapotamon* – charakterizuje stojatou vodu v odříznutých bočních ramenech, která jsou na horním konci zazemněna a na dolním konci stále napojena na tok. Jde o bývalá ramena v blízkosti hlavního toku.

*Plesiopotamon* – představuje permanentní nebo dočasné stojaté vody, které nemají stálé a přímé napojení na řeku. Jsou to nestabilní biotopy vysoce ovlivňované průtokem v řece. Jde o malá vodní tělesa a mokřady přiléhající k hlavnímu toku.

*Paleopotamon* – oproti plesiopotamonu jsou to spíše stabilní biotopy, liší se tím, že jsou průtokem v řece ovlivňovány jen středně, nacházejí se dále od řeky. Jsou to mrtvá ramena v místech bývalých meandrů a anastomózních ramen.

Za tůň se dá považovat i jen menší prohlubeň s vodou, která v létě zarůstá kořenujícími rostlinami, zatímco jezera nikdy nezarostou po celé své ploše. Většina tůní však vyschne dříve, než stačí zarůst. Vznik a původ tůní je velice rozmanitý. Nejzajímavější tůně se nacházejí v nivách nížinných řek, které bývají na jaře zaplavovány (Štěrbá 1986).

Obr. č. 10: Názvosloví základních objektů řek a jejich niv



A – pramenná oblast, B – horní tok, C – střední tok, D – dolní tok; 1 – pramen, pramenná oblast, 2 – násep, násepový (nárazový) břeh (proudem řeky podemílán a erodován), 3 – jesep, jesepový (vypuklý) břeh (mírný sklon, sedimentace unášeného materiálu, vznik písčitých a šterkovitých lavic), 4 – přítok, meandrující potok, 5 – zbytek původního koryta (malé vodní těleso či mokřad přiléhající k hlavnímu oku), 6 – anastomózující boční rameno, 7 – protřazený meandr, 8 – zbytek starého meandru (neprůtočný, přirozeně oddělený), 9 – Starý meandr, mrtvé rameno (více či méně průtočné, uměle odříznuté, 10 – tůň či mokřady (vzniklé z bývalých ramen dále od řeky), 11 – odvodňovací systém kanálů, 12 – slepé (zpětné) rameno, 13 – zbytky mrtvého ramene, lužní (nivní) tůň, 14 – mrtvé rameno vzniklé dále od řeky (v místě bývalého meandru a anastomózujících ramen, lužní jezero, 15 – kruhová tůň (vzniklá zatopením vytěžené jámy – těžba písku či šterku, 16 – podélný typ tůně, 17 – průpích meandru (umělý, často jako mlýnský náhon, 18 – boční (vedlejší, anastomózující) rameno (využívané jako odvodňovací nebo zavodňovací kanál), 19 – ústí toku do moře

Zdroj: Pithart, Černý, 2003

## Typizace tůní v nivě horní Lužnice

Podrobným popisem a dynamikou vzniku a vývoje říčních ramen a tůní v nivě horní Lužnice se zabýval zejména Černý (1994, 2008). Na základě morfologie a geneze rozlišuje tůně ve sledovaném území na tři typy. Prvním typem jsou podlouhlá, obloukovitá či různě zakřivená slepá ramena, která svou polohou odpovídají původním meandrům. Od současného koryta jsou odděleny šterkopískovými nebo bahnitými nánosovými lavicemi, nebo jsou navzájem propojené průtočnými koridory v době zvýšených vodních stavů. Další vývoj je závislý na vzájemné interakci mezi tůněmi a řekou v době zvýšených vodních stavů. Pokud je proplach za povodně zachován, mění se postupně původně souvislé slepé rameno v systém oválných tůní, oddělených od sebe nánosovými lavicemi, které jsou postupně stabilizovány. Jestliže je intenzita proplachu větší, může docházet i k jejich zvětšování. Pokud je spojení s řekou za povodně minimální, dochází k poměrně rychlému zarůstání tůní porosty a k definitivní přeměně v mělkou zazemněnou depresi. Tohoto typu je většina tůní.

Druhým typem jsou kruhové tůně s průměrem 15 – 20 m. Tvar pánve je trychtýřovitý, břehy jsou velmi příkré a ve středu jsou často značně hluboké. Nevyskytují se příliš často, spíše jednotlivě nebo ve skupinách vedle sebe. Mají poměrně dlouhou životnost záviselá na pravidelném proplachování v době povodní. Velký význam při vzniku těchto jezer má břehová vegetace, která vychyluje hlavní proud vody při zvýšeném vodním stavu. V místech nárazového břehu se vytváří vířivý protiproud, který má velkou boční i hloubkovou erozní schopnost. Takto je vytvořena hluboká trychtýřovitá prohlubeň s kolmým břehovým okrajem. Dalším ukládáním materiálu vzniká zárodek písečné lavice, jež může dále narůstat, zpevňovat se vegetací a vytvořit tak bariéru, která definitivně oddělí jezero od koryta toku. Pro další existenci tůně musí být zachována periodická záplav, kdy na počátku povodně vzniká v tůni vířivý pohyb, kterým je prohlubována a vyčištěna od jemných usazenin a spadlých organických zbytků. V další fázi, při zaplavení celé nivy, klesá rychlost proudění a dochází k ukládání jemných jílovitých plavenin, které při poklesu hladiny omezují oboustrannou infiltraci vody a zabraňují zazemňování tůně. V nivě se těchto tůní vyskytuje několik desítek.

Třetím typem jsou oválné tůně větších rozměrů a značné hloubky, které představují patrně zbytky starých meandrů. Jejich dlouhodobá existence je zajištěna pravidelným proplachováním při povodních, kdy se odstraňují jemné organické a hlinité sedimenty. Představují nejpočetnější typ tůní v nivě a jejich existence může být výrazněji ovlivněna i činností člověka. Mnohé z nich jsou navzájem propojeny odvodňovacími strouhami a za povodní fungují jako jakási vedlejší koryta, kterými je odváděna přebytečná voda.



## 4. Metodika zpracování dat

Zpracování dat v této práci bylo nutné provést ve dvou samostatných částech. Nejprve se budu zabývat zpracováním snímků z leteckého mapování a vektorizací toku v prostředí geografického informačního systému a následně postupem batymetrického mapování a zpracováním naměřených dat.

### 4. 1. Zpracování leteckých snímků a vektorizace

Historické letecké snímky jsou zdrojem hodnotných informací o krajinných změnách způsobených přírodními vlivy nebo antropogenní činností, jak v pozitivním, tak i v negativním smyslu. Porovnáváním mapových podkladů lze dojít k poznání, jak se krajina, v této práci především říční niva, změnila během desetiletí a co zůstalo v její paměti do současnosti.

Tato část práce je zaměřena na sledování vývoje vodního toku a jezer v povodí Lužnice, v úseku mezi státní hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí. Porovnávání změn říční sítě a změn ve vývoji jezer bylo provedeno v sedmi časových úsecích s různými intervaly od 4 až po 27 let. Všechny mapové podklady byly převedeny do digitální formy a zpracovány pomocí GIS. V práci jsou použity následující mapové a digitální podklady:

- Archivní letecké snímky pořízené 9. 6. 1949 – měřítko i rozlišení neuvedeno
- Archivní letecké snímky pořízené 6. 7. 1952 – rozlišení: 50 cm/pixel
- Archivní letecké snímky pořízené 9. 5. 1979 – měřítko 1 : 8130
- Archivní letecké snímky pořízené 7. a 14. 8. 1991 – měřítko 1 : 13210 – 13450
- Letecké měřické snímky pořízené 11. 10. 2001 – měřítko 1 : 14000
- Ortofotosnímky pořízené 11. 11. 2005 – měřítko 1 : 4500; rozlišení: 20 cm/pixel
- Ortofotosnímky pořízené 16. 4. 2009 – měřítko 1 : 10000; rozlišení: 20 cm/pixel

Použité letecké snímky z let 1949, 1979 a 1991 pocházejí z archivu Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce (VGHMÚř). Snímky z roku 2001 pořídil Argus Geo Systém. Jedná se o černobílé snímky pořízené velkoformátovou kamerou v různém měřítku. Povodí horní Lužnice je zachyceno na 3 snímcích z roku 1949, 17 snímcích z roku 1979, 6 snímcích z roku 1991 a 5 snímcích z roku 2001. Podklady z let 1979 a 1991 jsem obdržela v analogové formě a bylo tedy nezbytné je před dalším použitím nejprve naskenovat v dostatečném rozlišení 1200 DPI. Pro potřeby analýzy bylo nutné všechny snímky referencovat do souřadného systému S-JTSK. Snímky z roku 1952 pochází

od České informační agentury životního prostředí (CENIA) a již byly georeferencovány v souřadném systému S-JTSK. Ortofotosnímky z roku 2005 a 2009 pořídil Argus Geo Systém. Více informací o datech viz tabulka č. 6.

Tab. č. 6: Přehled leteckých podkladových dat

druh geodat	termín pořízení	měřítko	rozlišení	zdroj dat (pořizovatel)	zdroj dat (zpracovatel)	vlastník dat (objednavatel /poskytovatel)
naskanované foto	9.6.1949	-	-	VGHMÚ	VGHMÚ	ÚSBE AV ČR
ČB-ortofoto	6.7.1952	-	50 cm / px	Cenia (VGHMÚ)	Cenia (VGHMÚ)	(PřF UK Praha)
naskanované foto	9.5.1979	1 : 8 130	-	VGHMÚ	-	BC AV ČR - HBÚ
naskanované foto	7. a 14.8.1991	1 : 13 210 -13 450	-	VGHMÚ	-	BC AV ČR - HBÚ
naskanované foto	11.10.2001	1 : 14 000	-	Argus Geo Systém	Georeal	BC AV ČR - HBÚ
B-ortofoto	11.11.2005	1 : 4 500	20 cm / px	Argus Geo Systém	Georeal	ÚSBE AV ČR
B-ortofoto	16.4.2009	1 : 10 000	20 cm / px	Argus Geo Systém	Georeal	ÚSBE AV ČR, BC AV ČR - HBÚ

### Georeferencování leteckých snímků

Důležitou podmínkou pro práci s leteckými snímky v prostředí GIS je transformace do souřadnicového systému, tzv. georeference. Ta je založena na principu dvou záznamů stejného území, z nichž jeden je v příslušném souřadnicovém systému a druhý je možné na základě toho prvního do daného systému transformovat. Tento proces byl proveden v programu ArcGIS. Jako podklad sloužily vektorové vrstvy a ortofotosnímky z roku 2009. Jako vlíčovací body byly zvoleny topografické prvky, u nichž existuje jen malá pravděpodobnost, že změnily svou zeměpisnou polohu. Jednalo se tedy o křižovatky silnic, rohy budov a jinou infrastrukturu.

### Vektorizace vodních ploch

V dalším postupu zpracování dat byla použita digitalizace na monitoru počítače neboli vektorizace. Tento druh digitalizace byl využit na základě zdrojových dat, která existovala v digitální podobě. Z nich se postupně interpretovaly vodní plochy. Jejich poloha byla snímána pohybem kurzoru po zdrojovém obrazu se současným uložením souřadnic do vektorového souboru ve formě polygonu. Digitálním podkladem pro vektorizaci byl výřez hranice nivy z rastrových leteckých snímků. Nad těmito snímky byly zaznamenávány vodní plochy do polygonů. Vektorizace byla provedena v prostředí softwaru ArcGIS.

## **Zjištění změn vodního toku a jezer**

Na závěr byly vektorizované vrstvy za jednotlivé roky překládány přes sebe a zjišťovány vývojové změny – vznik či zánik nových jezer, odškrvení jezer, změna směru toku řeky atd. Další skutečností, kterou bylo z vektorizovaných polygonů možné vyhodnotit, byla změna rozlohy vodní plochy a změna délky vodního toku mezi sledovanými roky.

Je nezbytné upozornit, že velmi podstatný vliv na přesnost zpracování má kvalita rastrových obrazů (soubory formátu \*.tif) používaných při georeferencování a následném vektorizování. U dodaných rastrů nebylo možné ovlivnit jejich kvalitu obrazu i rozlišení (nízký kontrast, nízké rozlišení). Tím pádem se jejich kvalita zpracování, zejména přesnost vektorizace může lišit. Obecně lze konstatovat, že kvalita leteckých snímků a přesnost jejich pořizování roste s časem jejich vzniku, což souvisí s technickým vývojem.

## **4.2. Batymetrické mapování a zpracování dat**

V listopadu roku 2010 a v červnu roku 2011 bylo v nivě horní Lužnice provedeno terénní měření, které zahrnovalo vyměření půdorysu a zjištění hloubkových poměrů vybraných jezer. Sběr dat pro morfometrii jezerních pánví proběhl na základě vlastních geodetických měření v příslušné lokalitě. Cílem terénního průzkumu bylo zjistit morfometrické charakteristiky jezer a vytvořit mapy hloubek.

Celkově se jednalo o 34 jezer, která byla vybrána v rámci projektu Ministerstva zemědělství ČR NAZV QH82078 (2008-11), Retence vody v nivách a možnosti jejího zvýšení, o němž jsem se zmiňovala již v úvodu. Terénní měření však proběhlo jen u 29 zmiňovaných jezer. Další 5 jezer již bylo zmapováno dříve. V rámci dizertační práce Holuba (2006) se jednalo o 4 jezera zmapovaná v letech 2002 až 2004 a v rámci dizertační práce Havlíkové (2011) o 1 jezero zmapované v letech 2005 až 2006. Data, jimi naměřená a pro mou práci poskytnutá, byla zařazena mezi ostatní mnou zmapovaná data a dále byla zpracována stejným způsobem.

### **Morfometrie jezerní pánve**

Základem morfometrických měření je zmapování břehové linie, po kterém následuje měření hloubek. Měření bylo provedeno totální geodetickou stanicí a v jednom případě došlo i k použití echolotu. Získané hodnoty byly počítačově zpracovány pomocí několika programů.

Před samotným terénním mapováním bylo potřeba vyhledat již zřízené základní polygonové body.

K mapování břehové linie byla tedy použita totální geodetická stanice Leica TCRP 1202+ s vnitřní pamětí a počítačový program ArcGIS. V oblastech výskytu sledovaných jezer jsou založené pevné body, které jsou fixovány geodetickými kolíky. U každého bodu jsou určeny souřadnice JTSK pomocí zmiňované geodetické stanice. Totální stanice byla postavena na již založený pevný bod, byla provedena její centrace a horizontace a zadání vstupních hodnot. Poté jsem já či pomocník s odrazným hranolem obcházeli jezero po břehové linii, přičemž se zaměřovalo pomocí infračerveného paprsku na hranol v odstupech přibližně kolem 5 m v závislosti na konkrétní velikosti, tvaru a charakteru břehové linie jezera. V případě jedné oblasti – Základna (bude podrobně rozvedeno v kapitole 5.3) bylo také provedeno zaměřování bodů mezi jezery pro porovnání změn ve vývoji terénu s daty, která byla pořízena v rámci bakalářské práce v dubnu 2009.

Po vyměření půdorysu následovalo hloubkové měření, při kterém byla také použita totální stanice. Vyměřování dna jezer bylo provedeno odrazným hranolem z gumového člunu. Vzhledem k malým hloubkám jezer bylo nutné použít jiného přístroje pouze v případě jednoho jezera. Zde byl použit echolot Garmin GPSmap 178C, který byl připevněn na gumovém člunu. Mapování bylo uskutečněno v příčných profilech mezi vybranými přesně zaměřenými body břehové linie. Odečítání bylo provedeno v rozmezí 2,5 metru podél napnutého lana. Člun se poté pohyboval podél lana spojujícího dva profilové body na břehové linii a po vymezených úsecích se na displeji echolotu odečítaly hodnoty hloubek.

Naměřená data byla zpracována podle metodiky (Česák, Šobr 2005). Data z terénního měření byla převedena do počítače a při jejich zpracování bylo použito několik programů. Data z totální stanice ve formátu „název\_souboru“.TXT byla otevřena v programu Excel. Naměřené hodnoty (souřadnice X, Y a nadmořská výška) byly upraveny a vypočítány jejich hloubky. Jednotlivé body byly přiřazeny k tůním a byly vybrány ty, které představovaly jejich břehovou linii. Takto připravená data byla poté vizualizována pomocí ArcGIS 10. Program vykreslil shluk bodů již zasazený v souřadnicovém systému S-JTSK. Z těchto bodů byl vytvořen TIN pomocí funkce 3D Analystu – Create TIN from Features. Tento TIN byl následně oříznut polygonem tvořícím břehovou linii. Uzavřený polygon byl vytvořen spojením bodů s nulovou hloubkou. Z vytvořeného polygonu byla zjištěna velikost vodní plochy, obvod břehové linie a další morfometrické charakteristiky.

V dalším postupu byl z TINu vytvořen rastr, kde byla jako vstupní parametry nastavena Output data na hodnotu float, jako metoda byla použita Natural Neighbours

a zvolena velikost pixelu 0,05. Rastr byl následně překlasifikován podle hloubky v rozmezí většinou 20 cm. Tato vzdálenost se může v některých případech lišit v závislosti na hloubce jezera. Jednotlivé úseky byly barevně odlišeny a přidány izobáty.

Každá batymetrická mapa také obsahuje orientaci pomocí směrové růžice a měřítko. V mém případě jsou měřítka velká, většinou 1:200; 400; 600. V každém jezeře je také vyznačena maximální hloubka.

Z půdorysných a hloubkových měření byly zjištěny následující morfometrické charakteristiky: plocha jezera ( $P$ ), obvod – délka břehové linie ( $O$ ), délka jezera ( $L$ ), maximální šířka ( $B_{\max}$ ), průměrná šířka ( $B_{\text{pr}} = P/L$ ), stupeň členitosti břehové linie ( $R = O/2\sqrt{P\pi}$ ), objem jezera ( $V$ ), maximální hloubka ( $h_{\max}$ ), průměrná hloubka ( $h_s = V/P$ ), hloubkový koeficient ( $K = h_s/h_{\max}$ ), relativní hloubka ( $h_r = 50h_{\max}\sqrt{\pi/P}$ ), průměrný sklon dna ( $\text{tg}\beta = h_{\max} \times O / (2 \times P)$ ) (Hutchinson 1957).

Obr. č. 11: Práce v terénu



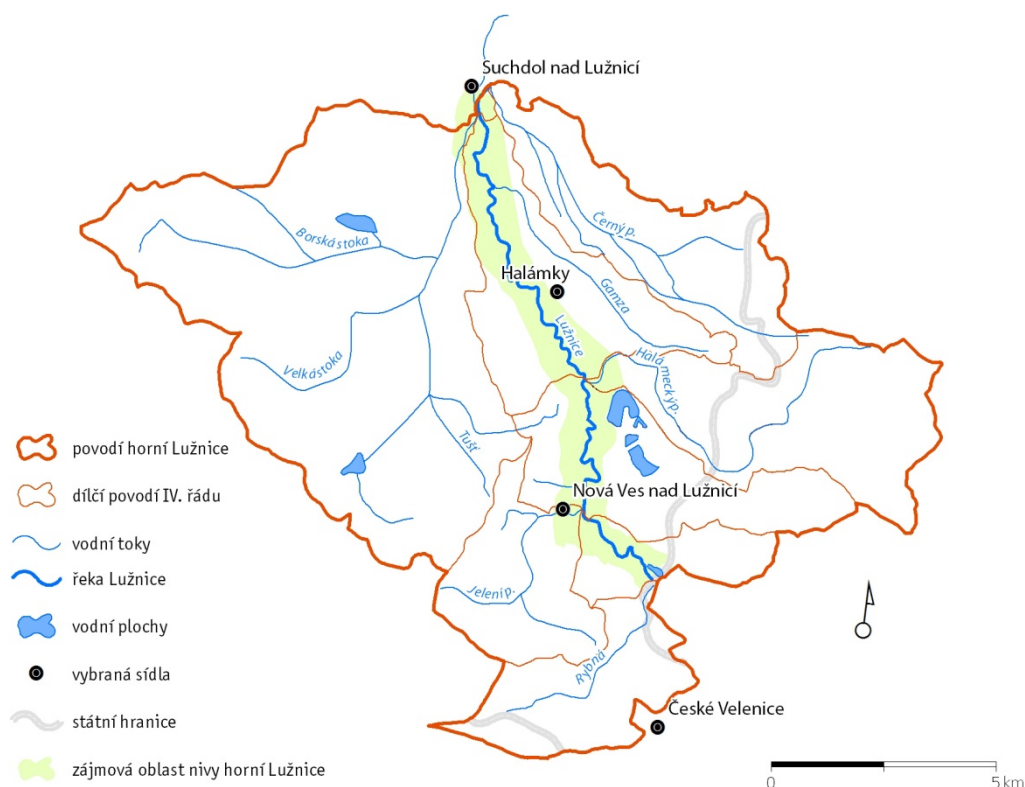
Zdroj: fotoarchiv autorky

## 5. Výsledky

### 5. 1. Charakteristika a popis říční nivy v povodí horní Lužnice

Zájmová oblast nivy horní Lužnice, ve které byl hodnocen vývoj toku a jezer, se vyskytuje v nejdelším souvislém úseku říční nivy mezi státní hranicí a Suchdolem nad Lužnicí. Na mapě č. 7 je niva vyznačena v rámci celého povodí horní Lužnice.

Mapa č. 7: Vymezení zájmové oblasti nivy v povodí horní Lužnice



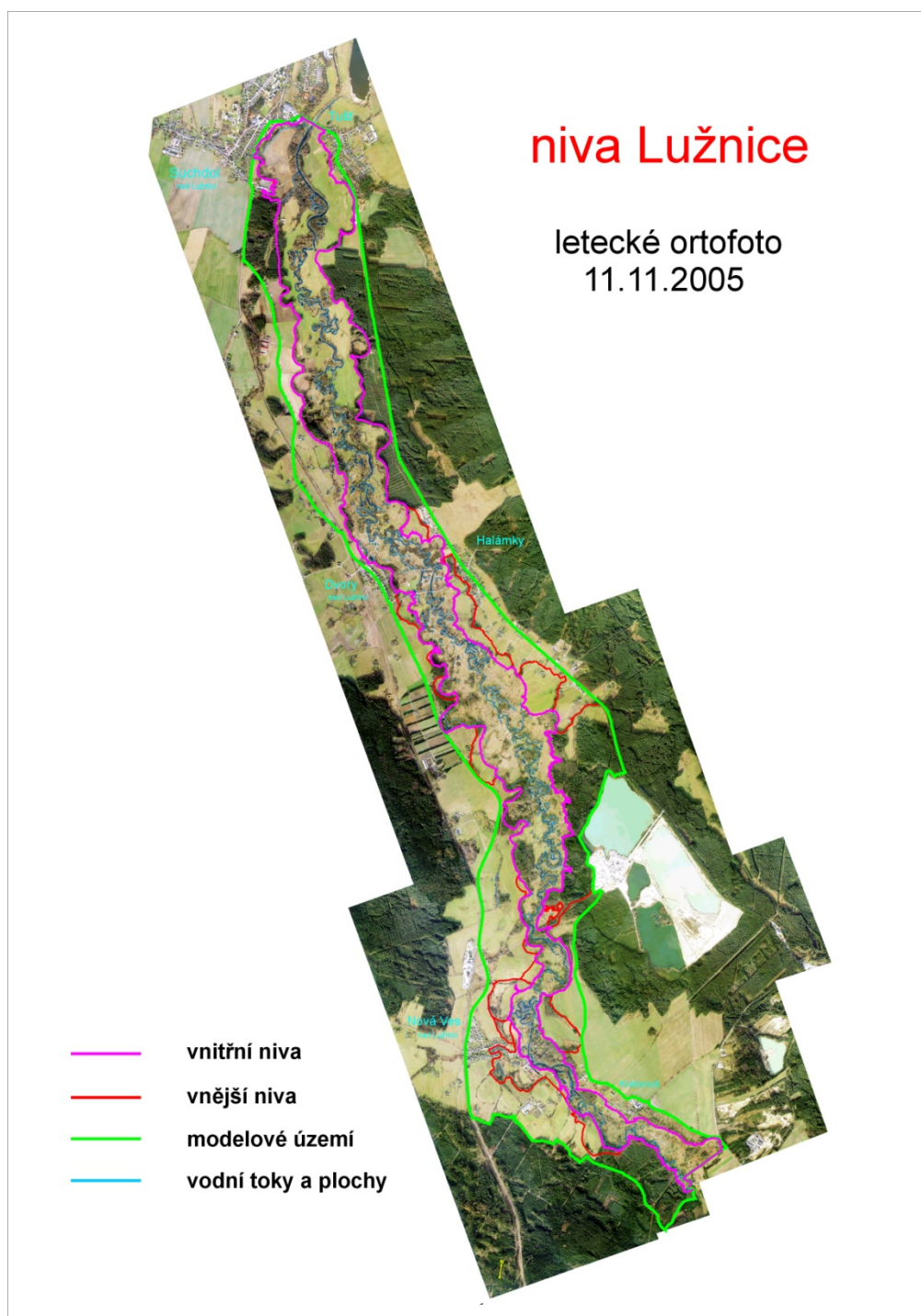
Zdroj: databáze ArcCR, databáze DIBAVOD

Přesné vymezení nivy horní Lužnice je znázorněno na mapě č. 8. Tímto způsobem nivu vymezili Žaloudík a Pithart (2006). Prostorová diferenciacie modelového území údolní nivy Lužnice byla provedena pomocí GIS na základě analýzy podrobného digitálního modelu reliéfu (vytvořeného stereofotogrammetrickým vyhodnocením výškových a tvarových parametrů nivy), interpretace leteckého ortofotosnímku (11. 11. 2005) a terénního průzkumu zájmové oblasti. Žaloudík a Pithart (2006) rozlišují vymezení vnitřní a vnější oblasti nivy, přičemž vnitřní niva je morfologicky vymezená oblast od hlavního říčního koryta po zřetelnou terénní hranu nejbližší říční terasy nebo údolí. Jako vnější niva je brána širší oblast údolní nivy Lužnice, zahrnující také identifikovatelné víceúrovňové říční terasy,



respektive jejich asymetricky vyvinuté části, náležející zájmovému údolnímu prostoru (Žaloudík, Pithart 2006). Vektorizace vodních ploch byla provedena v celém modelovém území vyznačeném na následující mapě.

Mapa č. 8: Vymezení nivy pro úsek horní Lužnice od státní hranice po Suchdol n. L.



Zdroj: RNDr. Jiří Žaloudík, CSc., Hydrobiologický ústav – BC AV ČR, České Budějovice (2006). Zdroj primárních geodat: letecké snímkování – ARGUS GeoSystém, Hradec Králové (© 2005), ortofoto a digitální model reliéfu – Georeal Plzeň (© 2006).

Niva horní Lužnice patří mezi nejzachovalejší nivy na našem území. Ve sledovaném úseku se řeka i její niva volně vyvíjí a rozkládá se zde složitý systém meandrů a odstavených ramen. Řeka zde bohatě meandruje a svůj tok pravidelně stáčí v zákrutech o více než 180°. Řeka i celé území nivy vykazují vysokou dynamiku. Při povodních tok často posouvá své koryto, popř. se větví, vytváří se slepá a mrtvá ramena, která jsou pozůstatkem trajektorie toku v minulosti. Jejich míra komunikace se současným tokem řeky je různá, ale zpravidla vyšší než v případě tůní, které jsou v říční nivě hojně zastoupeny. V minulosti zde došlo k vykácení přirozených lužních lesů, takže ani tento zachovalý úsek nemůžeme prohlásit za ryze přírodní. V současné době se v této části nivy nacházejí především louky, přičemž jižně od Suchdola n. L. se rozkládají pastviny a niva zde byla částečně rekultivována. Spásané louky najdeme i jižně od obce Dvory nad Lužnicí. Ve zbylé části tohoto úseku se nacházejí nekosené louky a vysoké byliny. Rozkládají se zde ale i malé fragmenty lužních lesů a rozsáhlé křoviny lemující tok Lužnice. Vodní plochy v podobě mrtvých a odstavených ramen a tůní jsou často lemovány vzrostlými vrbami a olšemi (Svoboda 2008).

Velmi důležitá je také šířka nivy a její variabilita. Zejména z hlediska možnosti retence vody v nivě a samotného průběhu povodňové vlny. Na první pohled je niva výrazně členitá, což je dáno častým zaerodováním bývalých meandrů do nižších říčních teras. Dnes se na vnějším okraji těchto vypouklých výběžků nivy často vyskytují odstavená ramena. Významná jsou i náhlá zúžení nivy, kde při povodních roste rychlost proudění a dochází k nárůstu erozní síly vodního toku. Při opětovném rozšíření údolní nivy dochází k poklesu rychlosti a tedy i transportní schopnosti toku, což se může odrážet zvýšenou intenzitou akumulace. Například zúžení nivy Lužnice severně od Nové Vsi se projevilo více než dvojnásobným rozšířením koryta v tomto úseku.

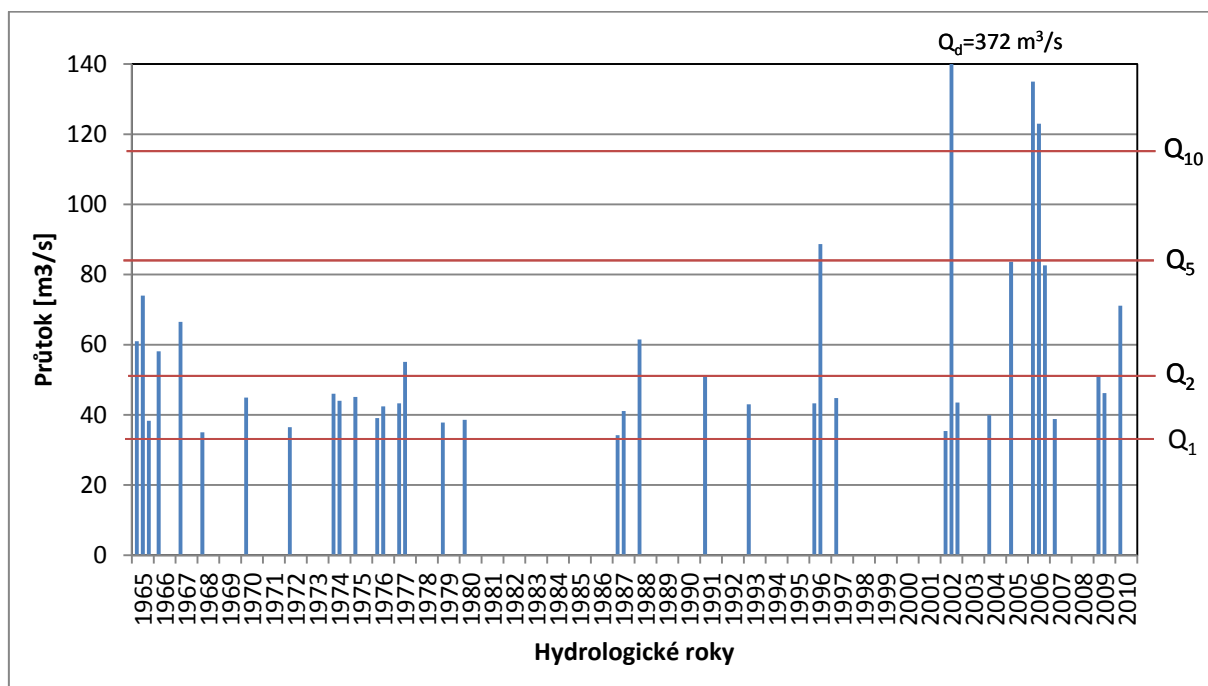


## 5.2. Vyhodnocení změn ve vývoji toku a jezer

Tato kapitola se věnuje příkladům dynamických změn koryta řeky Lužnice a okolních tůní v prostoru vymezené nivy horní Lužnice. Sledovanou část toku jsem rozdělila do pěti úseků říční trati, které pro účel této diplomové práce budu nazývat říční zóny s označením RZ 01 až RZ 05 a jsou vyobrazeny v přílohách č. 1-7. Zóny jsou rozděleny podle říčních kilometrů a mají délku 3-5 km. Toto rozdělení jsem zvolila na základě dizertační práce Černého (1994), který tímto způsobem tok Lužnice již dříve rozdělil.

Změny ve vývoji jsou řazeny a popisovány (po jednotlivých říčních kilometrech) postupně za sebou po směru toku, od hranice s Rakouskem až po Suchdol nad Lužnicí. Dále jsou tyto změny hodnoceny mezi roky 1949, 1952, 1979, 1991, 2001, 2005 a 2009 na základě poskytnutých leteckých podkladů. Jako možné příčiny zobrazených změn jsou brány v potaz povodňové situace, které se udály mezi již zmiňovanými roky. Graf č. 1 znázorňuje všechny povodně identifikované na základě datové řady průměrných denních průtoků za období od 1. 1. 1965 do 31. 10. 2010 na vodoměrném profilu Pilař, který na 116,4 říčním kilometru provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

Graf č. 1: Výskyt povodní na profilu Pilař hodnocen pomocí nejvyšších průměrných denních průtoků za období 1. 1. 1965 až 31. 10. 2010



Zdroj: vlastní zpracování dat ČHMÚ

Jako povodeň jsou brány ty události, jejichž průtok přesáhl hodnotu jednoleté vody, tedy  $Q_1=33 \text{ m}^3/\text{s}$ . Z grafu je na první pohled patrný zvýšený výskyt větších povodní za poslední desetiletí a dále je zde jasná extrémita povodně z roku 2002, kdy průměrná denní hodnota průtoku dosahovala  $372 \text{ m}^3/\text{s}$ , avšak povodňová vlna kulminovala při průtoku  $498 \text{ m}^3/\text{s}$ . Druhá polovina 20. století byla na povodňové události celkem chudá. Celkově se během sledovaného období vyskytlo 40 povodní přesahujících  $Q_1$ , 13 povodní větších než  $Q_2$ , pouze 4 události přesahující pětiletou vodu  $Q_5$  a 3 větší než  $Q_{10}$ . Povodeň v roce 2002 výrazně přesáhla hranici stoleté vody  $Q_{100} = 270 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Niva Lužnice má v těchto říčních zónách víceméně přirozený charakter. Antropogenní vliv se zde historicky projevil pouze v jejím odlesnění a ve vybudování mělkých povrchových systémů odvodnění, které využitím mezoreliéfu propojovaly jednotlivé deprese navzájem a umožňovaly rychlé odvedení povodňové vody zpět do koryta. Po 2. světové válce byla niva využívána celoplošně místními zemědělci. Později se značné plochy přestaly sklízet a tento stav přetrvává i v současnosti. Pouze v okolí jezů a komunikací vedených napříč nivou došlo k napřímení koryta a přirozený charakter tak byl narušen. Vodohospodářské úpravy koryta (rozšíření a napřímení) byly provedeny nad jezy v Nové Vsi nad Lužnicí a v Suchdole nad Lužnicí a u mostu přes Lužnici u Halámk. Význam pro dynamiku procesů v nivě měla v 70. až 80. letech 20. století snaha srovnat plochu nivy mezi Suchdolem nad Lužnicí a Halámkami (Černý 2008).

Všechny obrázky uvedené dále v této kapitole znázorňují určitou část toku řeky Lužnice. Jsou na nich viditelné zásadní změny ve vývoji toku a jezer. Zasazení jednotlivých částí toku do celkového povodí je vyznačeno v přílohách č. 8-14 podle odpovídajícího roku. Všechny obrázky jsou výsledkem vlastního zpracování, a proto u nich dále nebude uváděn zdroj.

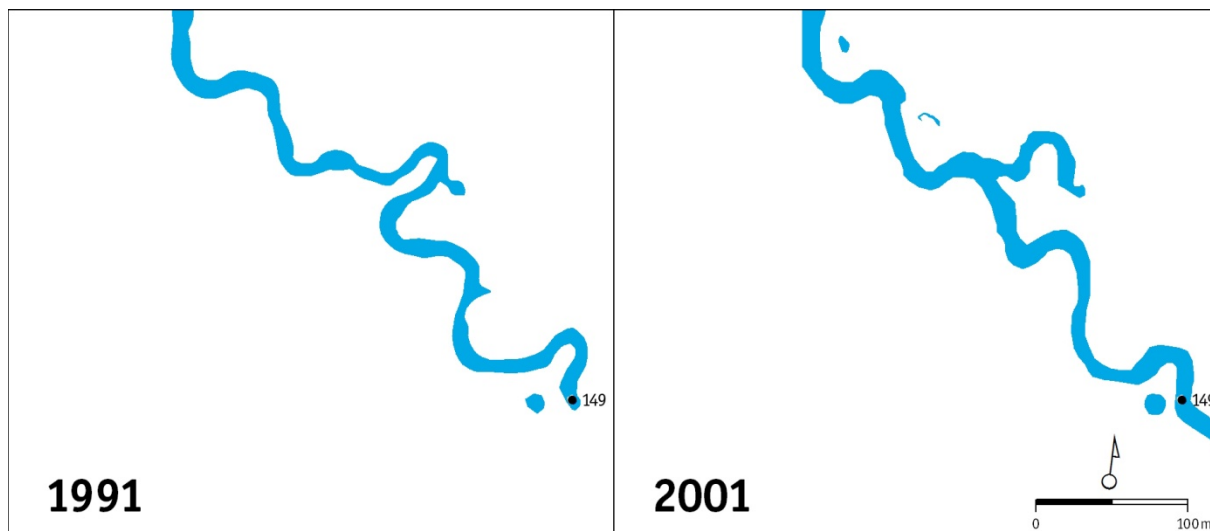
### **1) Vývoj toku a jezer v RZ 01: hranice s Rakouskem – Nová Ves nad Lužnicí, 149. – 146. km**

Tato říční zóna je dlouhá 3 km, okolní niva je zde široká od 150 do 300 metrů. Řeka teče severozápadním směrem a vzhledem k malé šířce nivy zde příliš nemeandruje. Od 147. km, v délce jednoho kilometru, byl tok zregulován rozšířením a prohloubením nad a pod jezem.

První výrazná změna ve vývoji toku se vyskytuje mezi 149. – 148,5. km. V období mezi lety 1991 – 2001 zde došlo k prolomení meandru a k následnému zkrácení toku (obr. č. 12). Jedním z důvodů této změny mohly být povodňové průtoky, které se zde

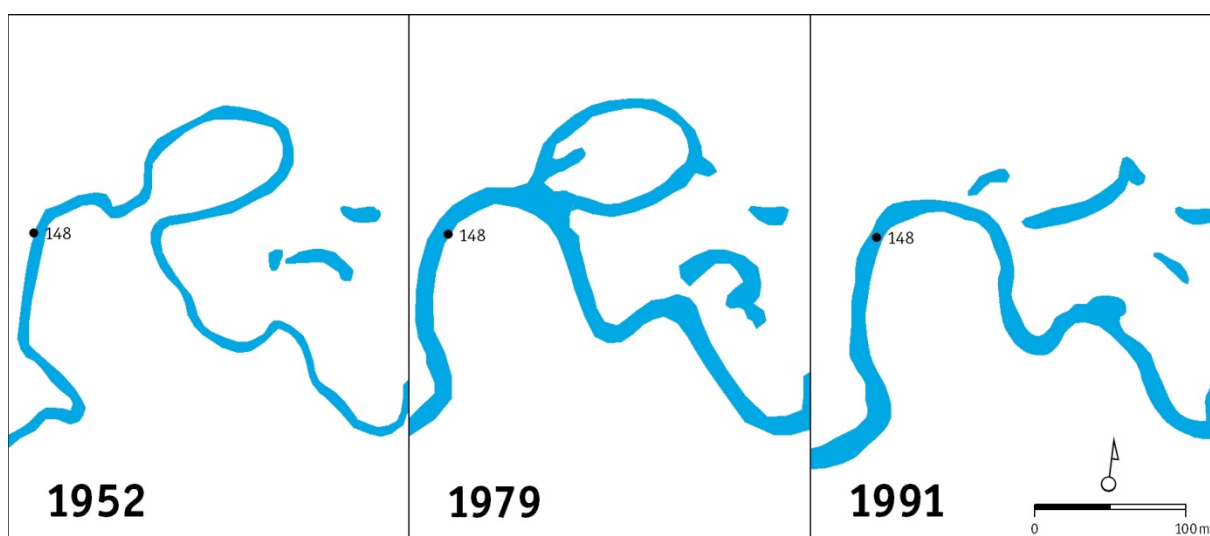
vyskytovaly v letech 1993, 1996 a 1997. V roce 1996 povodeň dosahovala až 5 leté vody (graf č. 1).

Obr. č. 12: Změna koryta Lužnice mezi 149. a 148,5. km



Na obrázku č. 13 je vidět další prolomení meandru v úseku mezi 148,5. – 148. km. Příčinou mohou být četné povodně dosahující jednoleté leté vody, které se udály mezi roky 1952 – 1979 (graf č. 1). V následujících letech došlo postupně k úplnému odškrcení meandru od hlavního koryta a pozvolnému zazemňování. V roce 1991 jsou na obrázku vidět již jen jednotlivé tůňe, které jsou pozůstatkem mrtvého ramene.

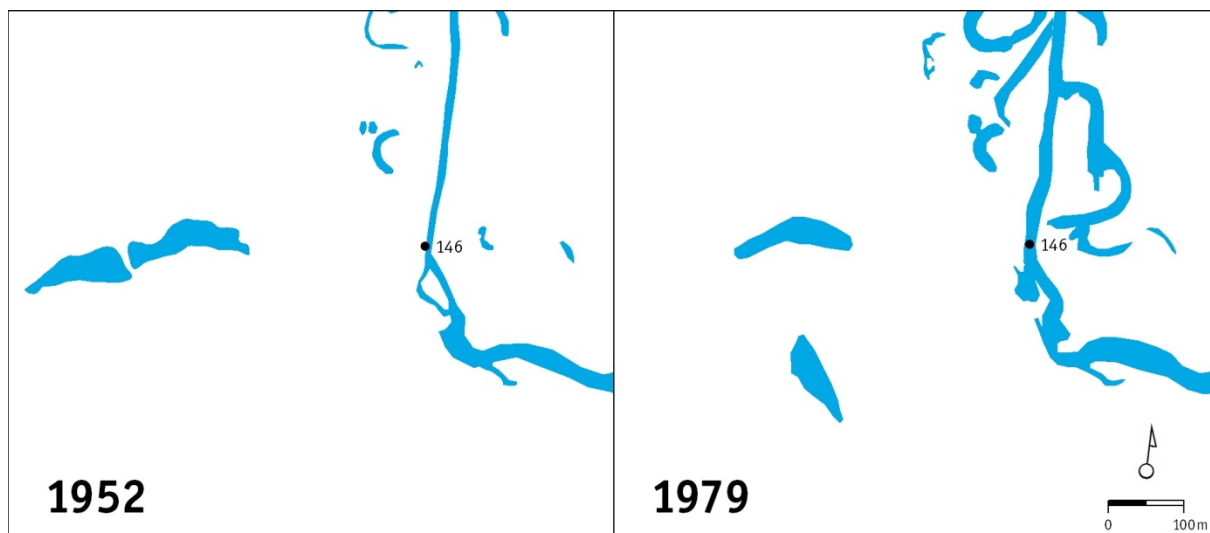
Obr. č. 13: Změny koryta Lužnice mezi 148,5. a 148. km



Další výraznou změnou v tomto úseku je vznik a zánik jezer na levém břehu řeky v oblasti 146. km (obr. č. 14) v obci Nová Ves. Vzhledem k tomu, že se jezera vyskytují

v bezprostřední blízkosti obce, přisuzují jejich vznik i zánik antropogenní činnosti. Místo, kde se zaniklé jezero vyskytovalo, bylo postupně zatravněno a přetvořeno na obecní park. Druhé, nově vzniklé jezero, bylo naopak vytvořeno v místě, kde se dříve nacházely louky.

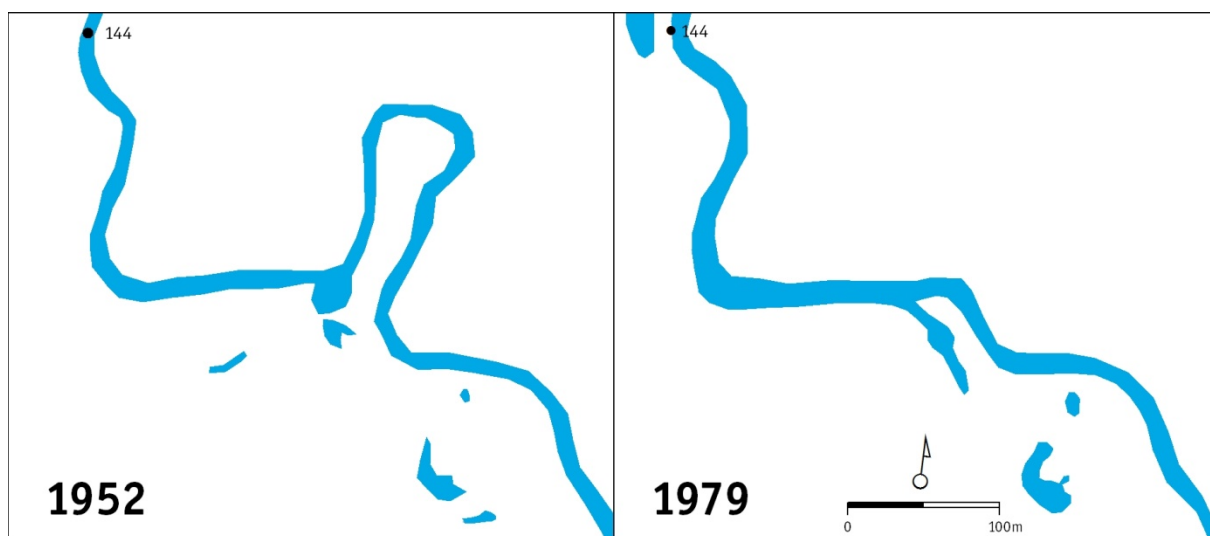
Obr. č. 14: Změny výskytu jezer v povodí Lužnice na 146. km



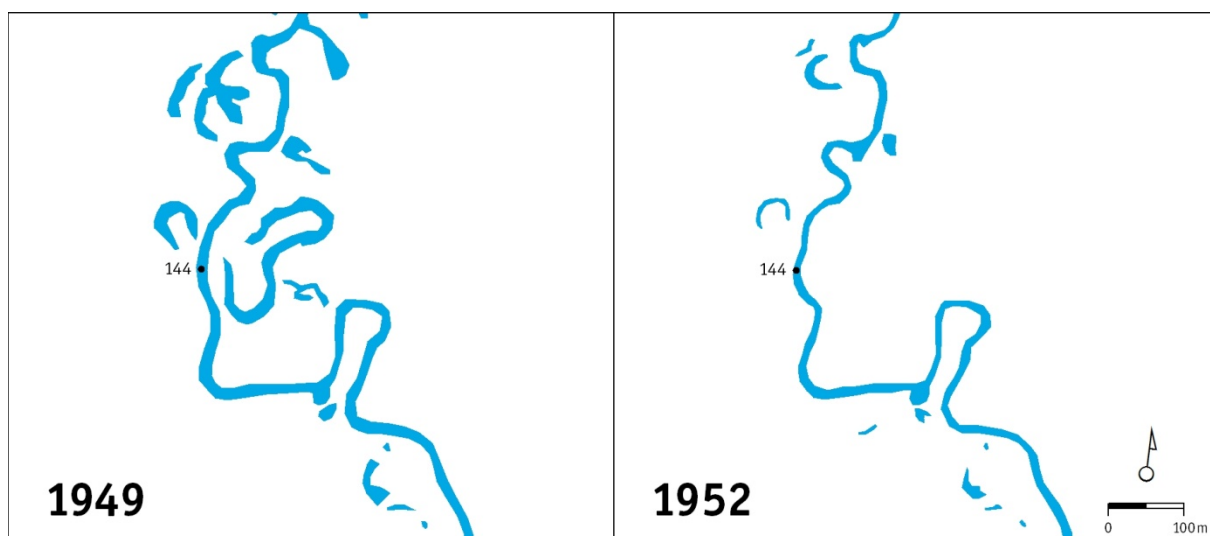
## 2) Vývoj toku a jezer v RZ 02: Nová Ves nad Lužnicí – Lesní Chalupy, 146. – 141. km

Tato říční zóna je dlouhá 5 km. Charakteristickým rysem je přirozené koryto řeky, které zde vytváří řadu slepých ramen, tůní a dalších depresí. Šířka nivy v tomto úseku dosahuje až téměř 800 metrů.

Obr. č. 15: Změna koryta Lužnice mezi 145. a 144. km

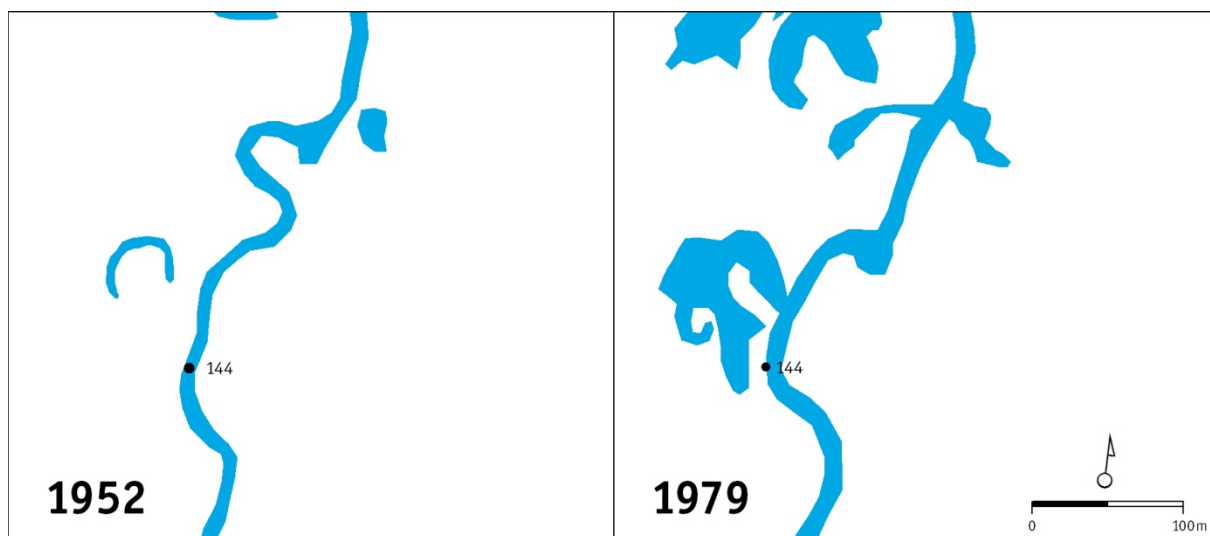


Obr. č. 16: Změna výskytu jezer v povodí Lužnice na 144. km



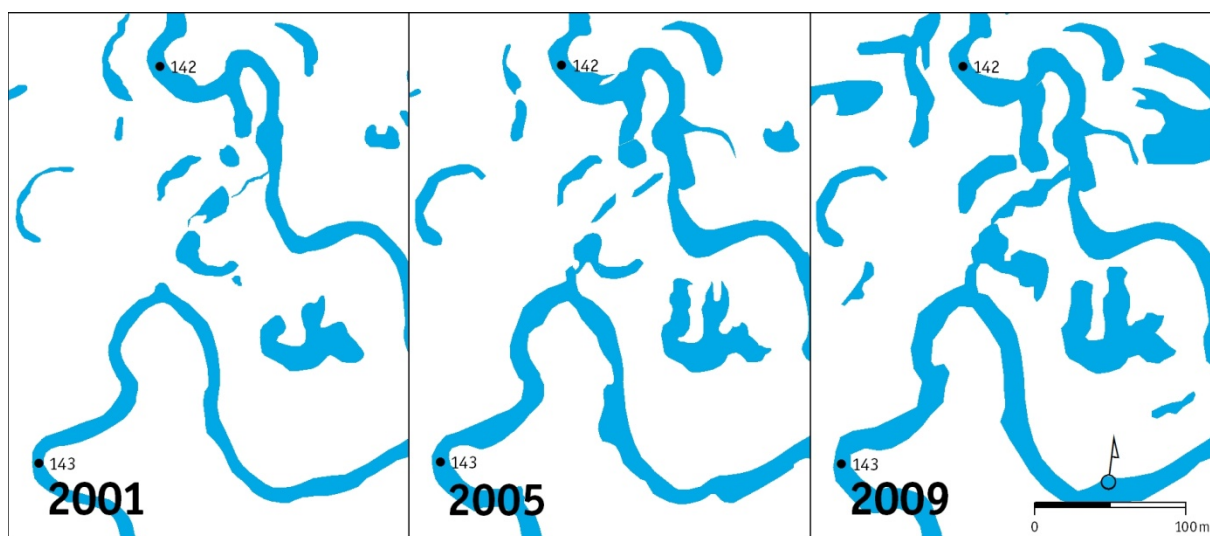
Na obr. č. 16 je na pravém břehu viditelný zánik několika tůní, k němuž došlo podle Černého (1994) zavezením nadložním pískem v souvislosti s vybudováním pásového dopravníku z pískovny Halámky do zpracovatelského závodu v Nové Vsi n. L. V dalších letech došlo ze stejného důvodu také ke krátkému napřímení koryta v délce cca 100 m a k úplnému zazemnění meandru, což je možné vysledovat z obr. č. 15. V současnosti se v místě výskytu bývalého meandru nachází pole s ornou půdou.

Obr. č. 17: Změna koryta Lužnice mezi 144. a 143. km



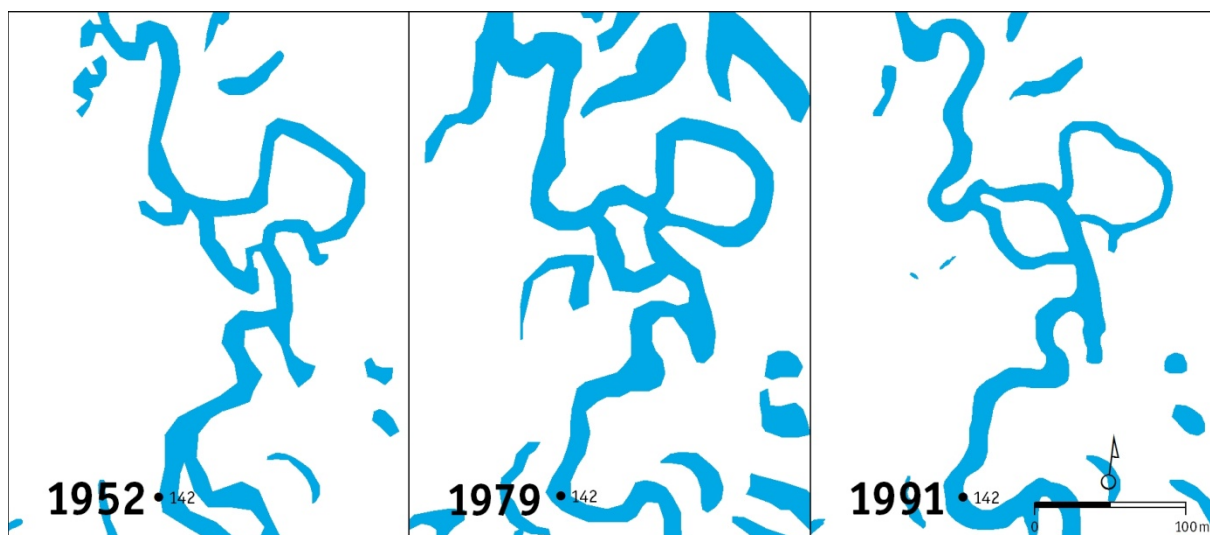
Na obr. č. 17 je patrné prolomení meandru mezi 144. a 143. km, ke kterému došlo v průběhu let 1952 – 1979. Ke zkrácení říčního toku došlo přirozeným vývojem, nejspíše opět za přispění četných povodní vyskytujících se v tomto období (graf č. 1).

Obr. č. 18: Změny koryta Lužnice mezi 143. a 142. km



Další změna v této říční zóně se vyskytuje mezi 143. a 142. km, kde řeka vytváří rozsáhlý meandr, v jehož vnitřní ploše leží dvě stará ramena (obr. č. 18). Mezi roky 2001 – 2005 došlo následkem extrémní povodně v roce 2002 k proražení břehu a k odtoku do jednoho z ramen, kde vlivem konfigurace terénu a vířivému pohybu vody vznikla kruhová tůň. Mezi roky 2005 – 2009 došlo k dalšímu proražení břehu meandru a ke vzniku koridoru, který zajišťuje odtok z tůně. Koridor se postupně stává novým korytem řeky a ze současného meandru se v budoucnu patrně stane slepé rameno.

Obr. č. 19: Změny koryta Lužnice mezi 142. a 141. km

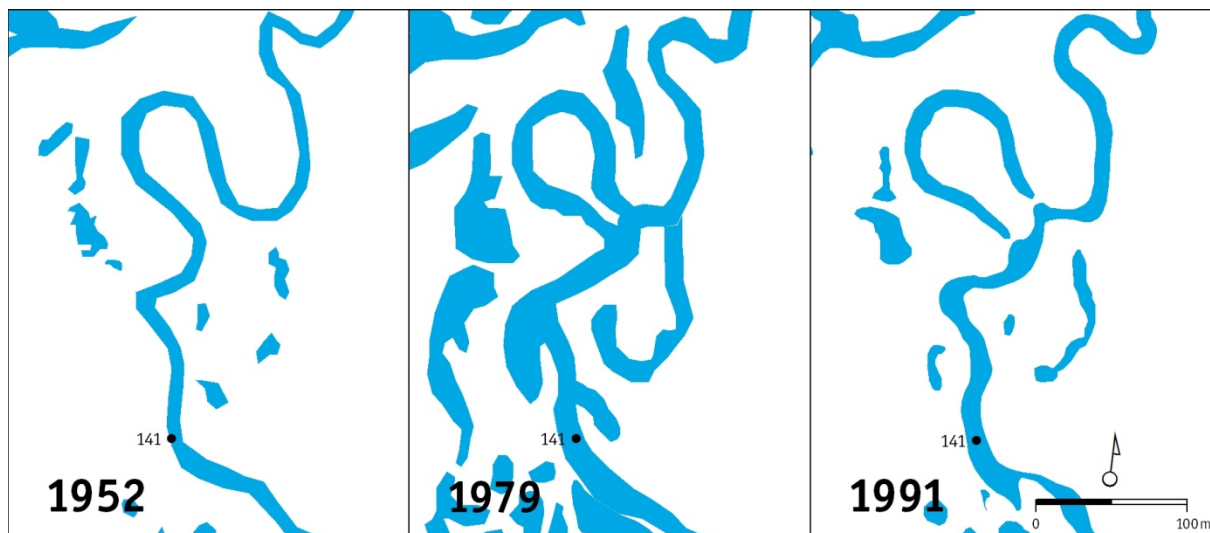


Mezi 142. a 141. km došlo k dalšímu protržení ramen meandru a následné změně hlavního toku (obr. č. 19), ale nedošlo k úplnému odškrvení meandru, který je nadále v kontaktu s hlavním tokem.

### 3) Vývoj toku a jezer v RZ 03: Lesní Chalupy – Halámecký most, 141. – 137. km

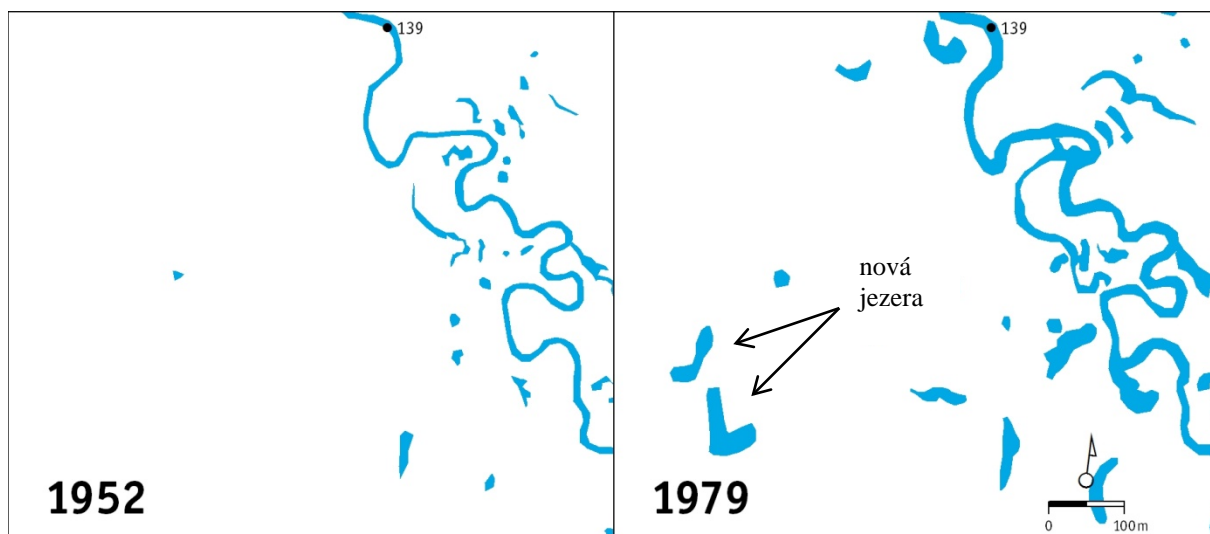
Říční zóna je dlouhá 4 km a je pro ni, stejně jako u předchozího úseku, charakteristické přirozené koryto řeky, řada slepých ramen, tůní a dalších depresí. Šířka nivy se postupně zvětšuje od zhruba 250 m na 135. km až do cca 400 m v okolí mostu u Halámek.

Obr. č. 20: Změny koryta Lužnice mezi 141. a 140. km



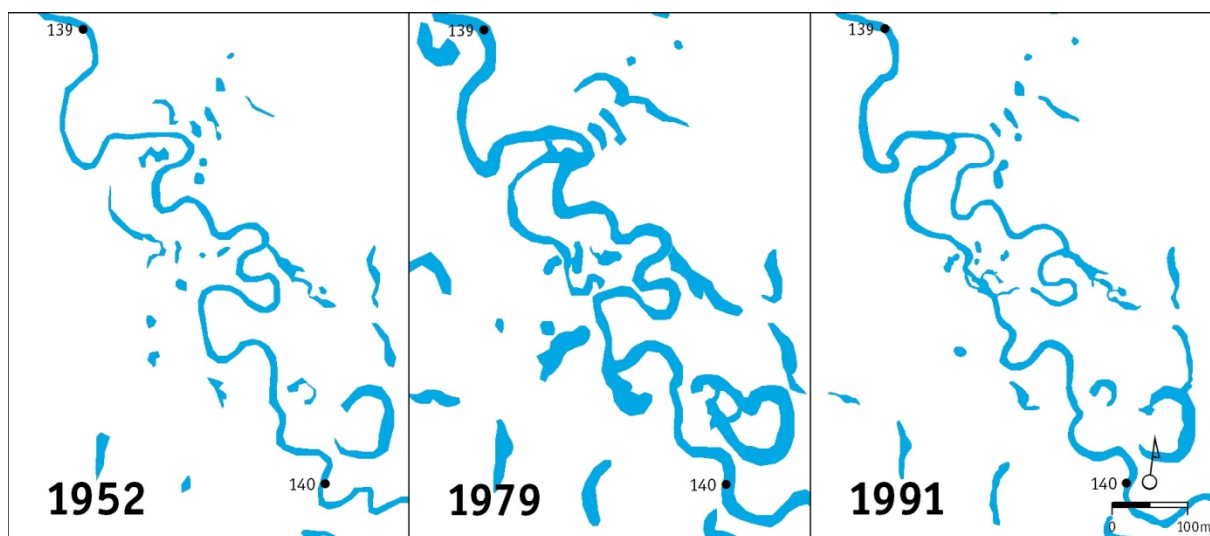
Na obr. č. 20 je vidět, jak v průběhu let 1952 a 1979 došlo mezi 141. a 140. km k prolomení meandru a zkrácení hlavního toku. V dalších letech následovalo úplné odškrcení a vznik mrtvého ramene, které bývá za vyšších vodních stavů propojeno s hlavním tokem.

Obr. č. 21: Vznik nových jezer v povodí Lužnice mezi 140. a 139. km





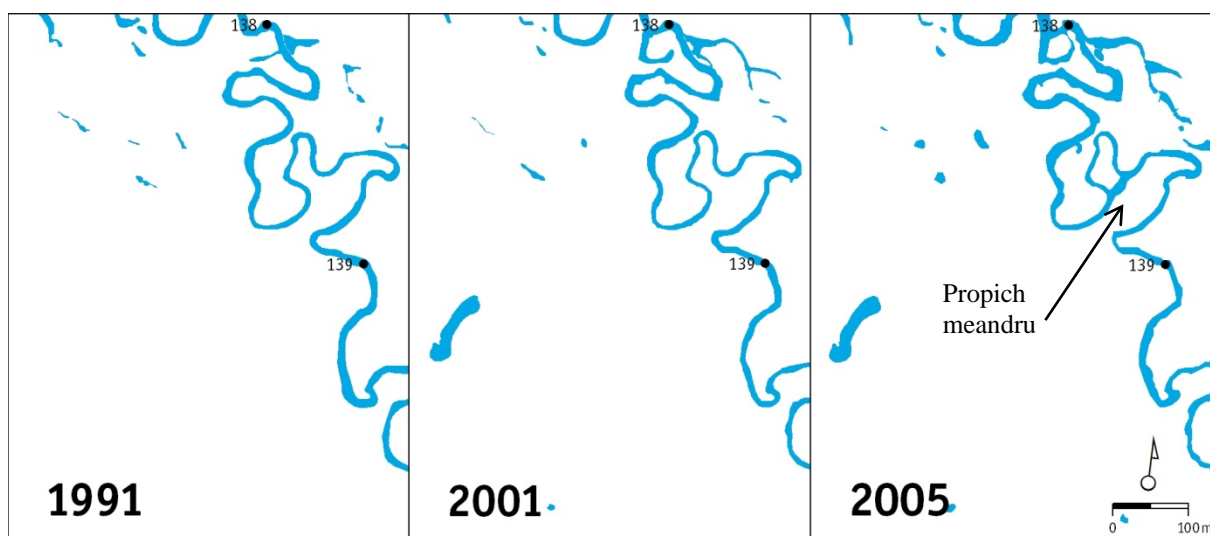
Obr. č. 22: Změny koryta Lužnice mezi 140. a 139. km



V průběhu let 1952 až 1979 došlo mezi 140. a 139. km ke vzniku dvou rozsáhlejších jezer (obr. č. 21). Vyhodnocením leteckých snímků usuzují, že jezera vznikla antropogenní činností, neboť ještě v roce 1952 byla v místě jezer souvislá plocha bez patrných terénních nerovností.

Z obr. č. 22 je možné vyčíst, že ve stejném úseku došlo také k výrazné změně směru toku. V roce 1979 je viditelné postupné propojování tůní, náčež i jejich spojení s hlavním tokem a v roce 1991 je již patrná absolutní změna v průběhu hlavního koryta. Tento vývoj byl ovlivněn povodněmi, které se udály mezi zmiňovanými roky (graf č. 1).

Obr. č. 23: Vznik jezera a změna koryta Lužnice na 139. km

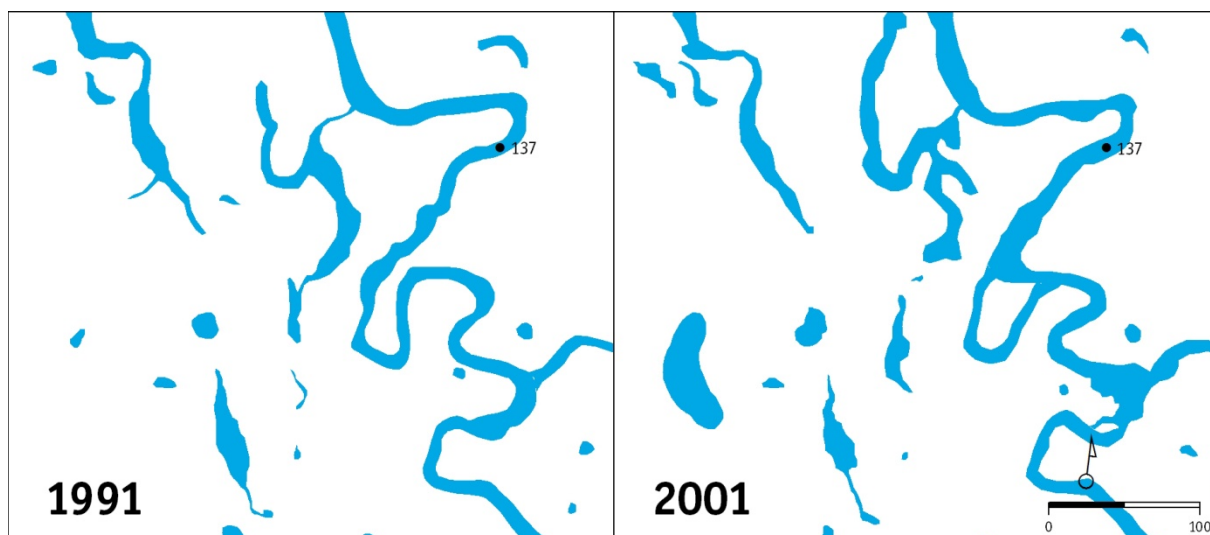


Na obr. č. 23 je vidět další větší jezero, které vzniklo v průběhu let 1991 až 2001 antropogenní činností, neboť v místě jeho výskytu v roce 1991 byla také jen souvislá plocha.



Na leteckém snímku jsou v tomto místě patrné odvodňovací stoky, které byly jistě jedním z důvodů vzniku tohoto jezera, poněvadž jsou vhodné pro jeho napájení. Druhou změnou vyobrazenou na tomto obrázku v roce 2005 je další zkrácení toku protržením meandru, ke kterému přispěla povodeň v roce 2002. K úplnému oddělení od hlavního toku zatím nedošlo.

Obr. č. 24: Vznik jezera a změna koryta Lužnice mezi 137,5. a 137. km



Další viditelnou změnou v této říční zóně je jezero na levém břehu řeky upravené lidskou činností (obráz. č. 24). Z leteckých snímků je patrné, že v místě jeho výskytu se voda dříve držela stále, avšak jen v podobě malých neupravovaných tůň. Mezi roky 1991 a 2001 došlo k pozměnění břehu a tvaru jezera. V takovéto podobě se jezero vyskytuje již do současnosti. Na obrázku je dále také patrné další protržení meandru a zkrácení hlavního toku. Proříznutý meandr stále zůstává spojen s řekou. K protržení došlo opět za přispění povodní, které proběhly mezi zmiňovanými roky (graf č. 1).

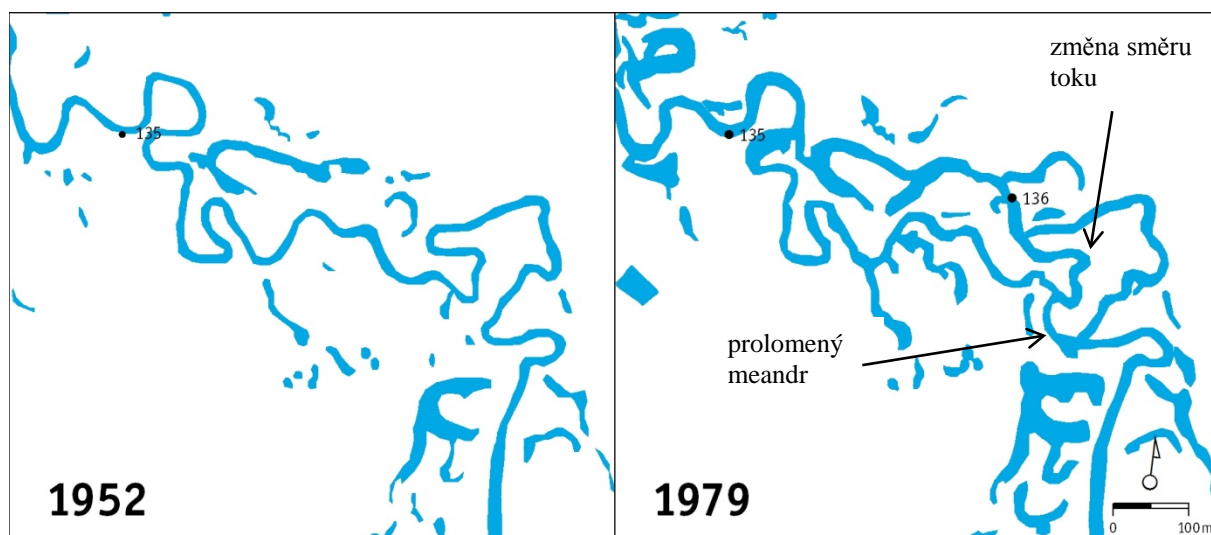
#### 4) Vývoj toku a jezer v úseku RZ 04: Halánecký most – samota u řeky, 137. – 132. km

Tato říční zóna je dlouhá 5 km, koryto řeky si zde ve větší části zachovává přirozený charakter. Kanalizovány jsou dva krátké úseky, přibližně 250 metrů v okolí Haláneckého mostu a dále asi 250 metrů v prostoru jezu Na Primárně mezi 134. a 133. km. Šířka nivy se pohybuje od 300 metrů (Na Primárně) do 700 metrů.

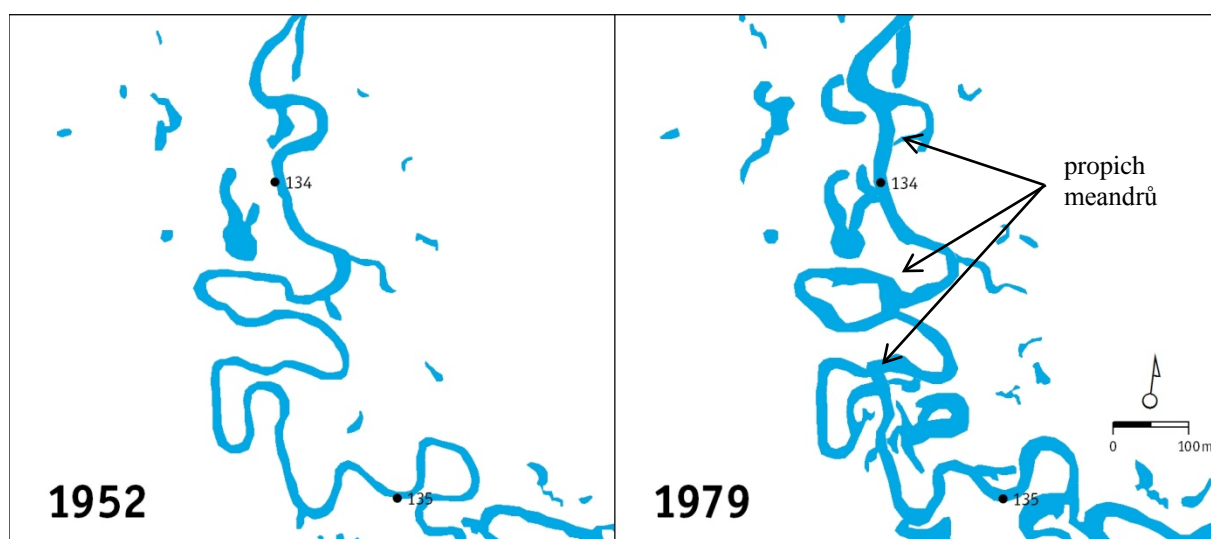
První změna, která se uskutečnila v této zóně, je patrná na obrázku č. 25. Na 136. km došlo mezi roky 1952 a 1979 k vytvoření dvou koryt a úplnému pozměnění hlavního toku. Nejprve se prolomil meandr a zkrátil se původní hlavní tok, ale následným proražením břehů jednotlivých tůň a jejich postupným propojením se začal vytvářet koridor, ze kterého

se postupem času stalo nové hlavní koryto řeky. Zajímavé je, že v krátkém úseku řeky došlo ke změně směru jejího průtoku. Ke všem těmto změnám také jistě přispěly četné povodně vyskytující se mezi zmiňovanými roky (graf č. 1).

Obr. č. 25: Změna koryta Lužnice mezi 136,5. a 135. km



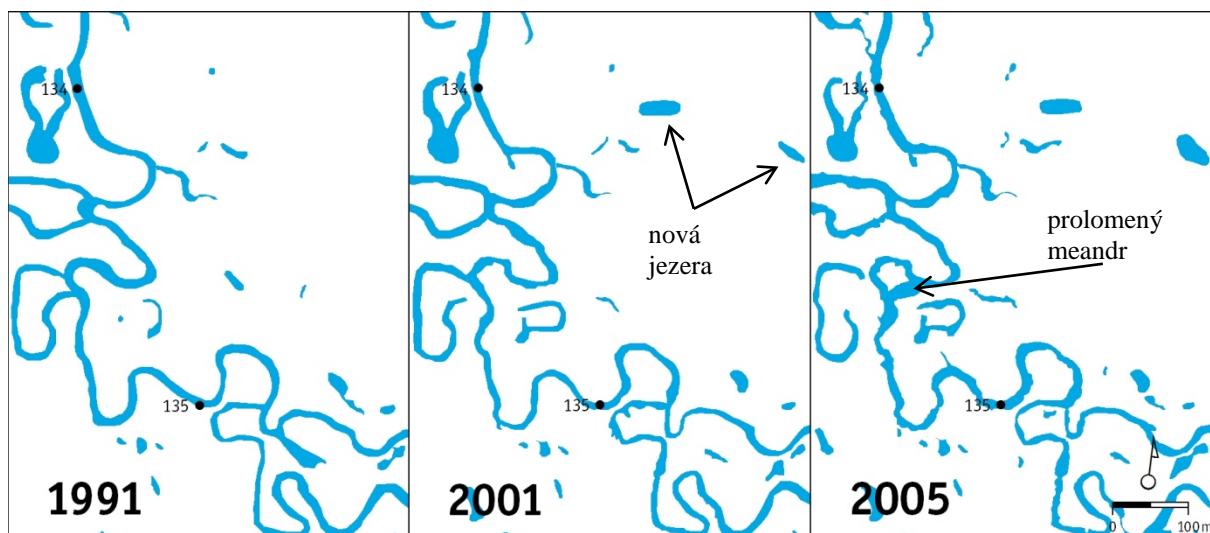
Obr. č. 26: Změny koryta Lužnice mezi 135. a 133,5. km



V úseku mezi 135. a 133,5. km došlo mezi roky 1952 a 1979 k řadě změn, které výrazně ovlivnily hlavní koryto. Jde zde převážně o tři případy prolomení meandrů a následné zkrácení toku (obr. č. 26). U prvního a třetího (ve směru toku) vzniklého mrtvého ramene došlo postupem času k zanesení ramen a odškrcení od hlavního toku. První rameno je s řekou v kontaktu pouze za vyšších vodních stavů, avšak u třetího ramene došlo k úplnému odškrcení bez kontaktu s řekou. Druhé protřžené rameno je doposud stále protékáno vodou, k jeho

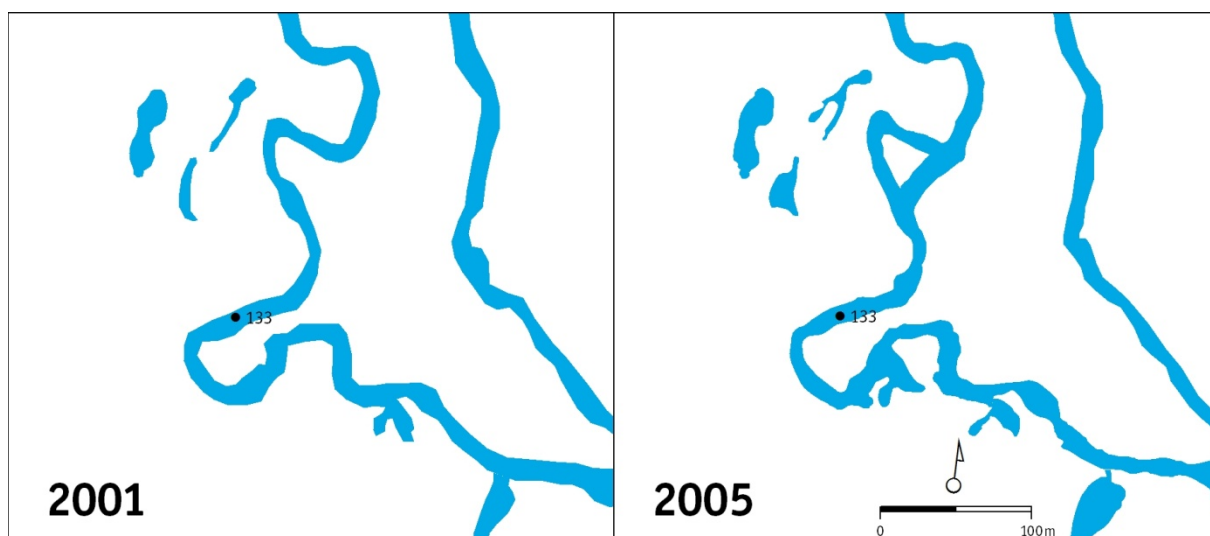
odškrcení zatím nedošlo. Stejně jako u předchozího obrázku jsou změny v těchto letech doprovázeny četnými povodněmi.

Obr. č. 27: Vznik jezer a změna koryta Lužnice mezi 135. a 134. km



Na obrázku č. 27 je viditelný vznik dvou rozsáhlejších jezer na 136. km pravého břehu řeky, ke kterému došlo mezi roky 1991 a 2001. Z leteckých snímků opět vyvozují, že jejich zrod byl zapříčiněn antropogenní činností. V roce 1991 bylo v místě jejich výskytu pole s ornou půdou a nebyly zde patrné žádné terénní nerovnosti. Tvar jezer je od jejich počátku až do současnosti nezměněný. Druhou změnou vyznačenou na tomto obrázku je další zkrácení toku způsobené prolomením meandru mezi roky 2001 a 2005. Jde tady už o druhé zkrácení jednoho meandru. To první již bylo popsáno u předchozího obrázku.

Obr. č. 28: Změna koryta Lužnice mezi 133. a 132,5. km

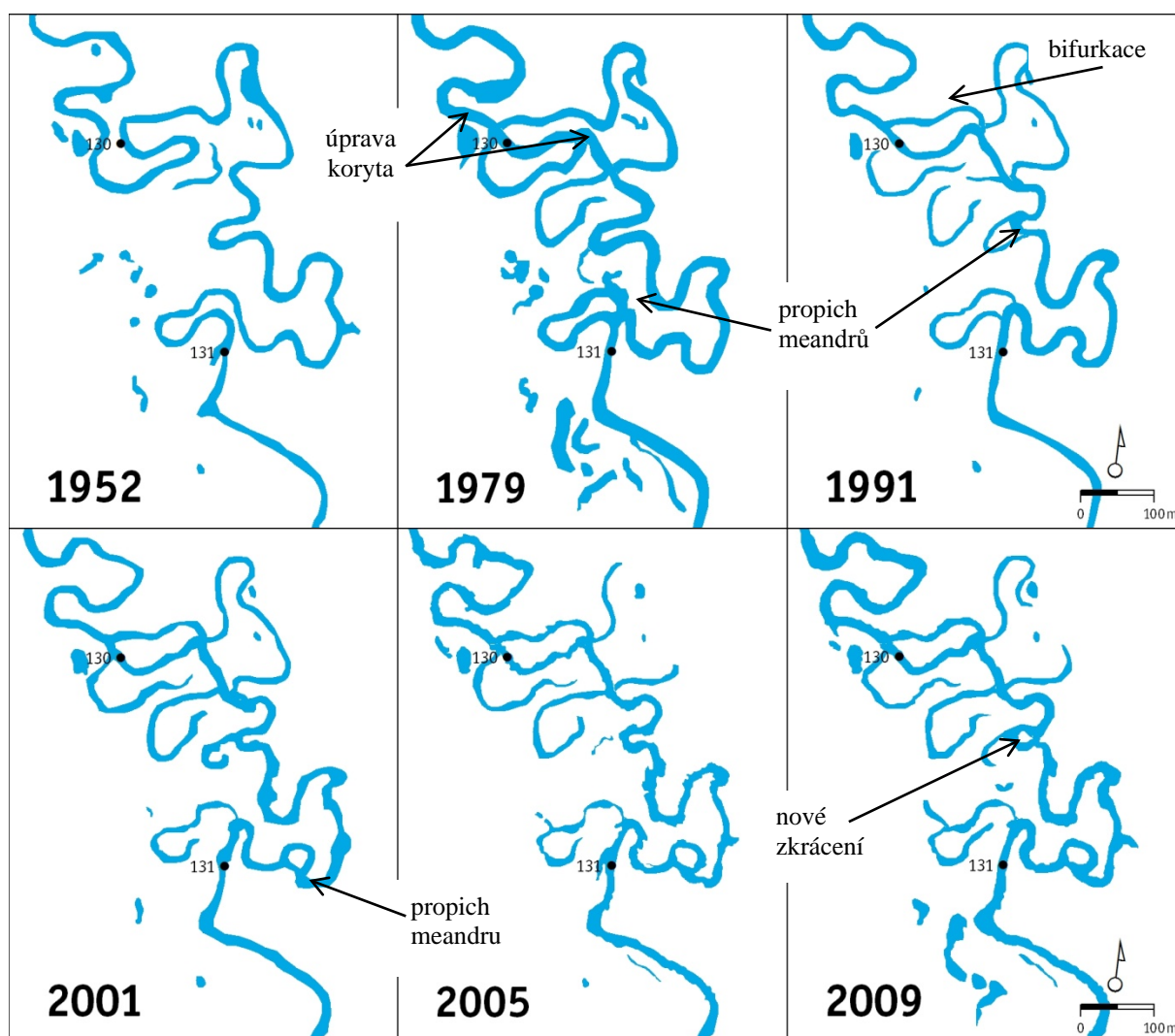


Poslední změna vyskytující se v této říční zóně je zachycena na obrázku č. 28. Je zde viditelné další zkrácení toku mezi 133. a 132,5. km, způsobené protržením meandru. Stejně jako u výše popisovaného obrázku došlo ke zkrácení mezi roky 2001 a 2005. V obou případech měla na tento vývoj vliv extrémní povodeň v roce 2002, která dosahovala hodnot až stoleté vody (graf. č. 1).

##### 5) Vývoj toku a jezer v úseku RZ 05: samota u řeky – Suchdol nad Lužnicí, 132. – 127. km

Tato poslední říční zóna je dlouhá 5 km a stejně jako u předchozí zóny se zde nacházejí dva kanalizované úseky. Jeden krátký kolem 130. km a druhý na konci úseku od 128,5. km do 127. km. Na značné části plochy nivy byly provedeny rekultivace zarovnáním mělkých depresí. Na 127,5. km se vlévá do Lužnice zleva Hrdlořezský potok (Tušť). Šířka nivy zde dosahuje na 131. km až 700 metrů.

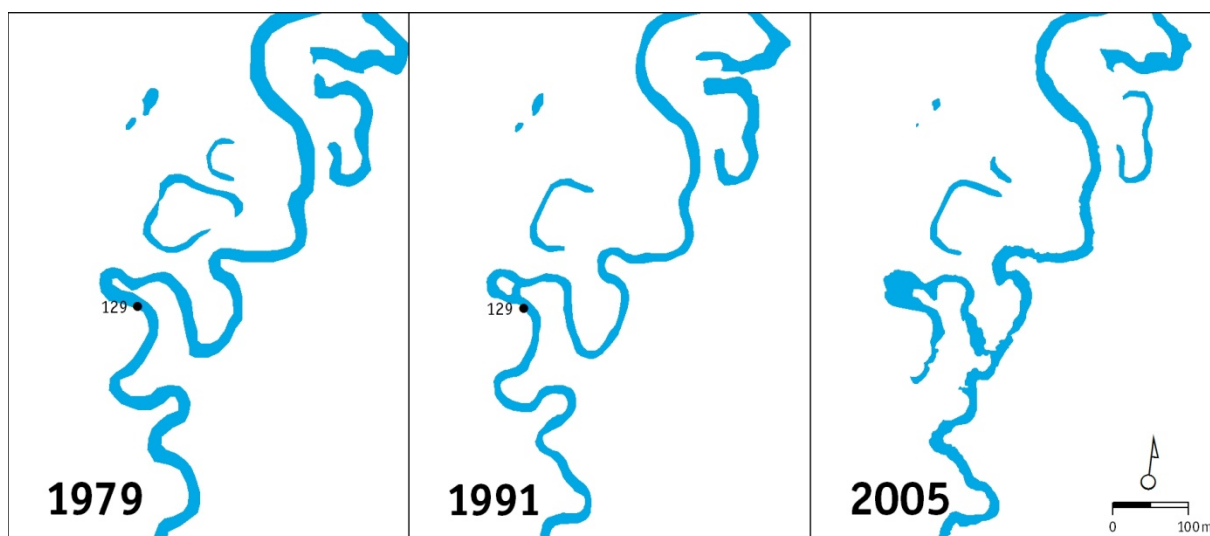
Obr. č. 29: Změna koryta Lužnice mezi 131. a 130. km



V této zóně si řeka až do 128,5. km stále zachovává přirozený charakter a vytváří zde dosti komplikovaný systém slepých ramen a tůní, které za povodně odvádějí část vody z hlavního koryta do okolí. Na obrázku č. 29 je patrná řada změn, které však neměly vliv na šíři hlavního koryta. Jde zde hlavně o dvojí zkrácení jednoho meandru mezi roky 1979 a 1991 a následně ještě mezi roky 2005 a 2009. Dále jde o vytvoření dvou koryt prolomením spojky do spodní části slepého ramena. Na obrázku jsou viditelná ještě další dvě místa zkrácení meandru. První prolomený meandr, patrný mezi roky 1952 a 1979, se v dalších letech postupně zazemňuje a úplně se odděluje od hlavního toku. Druhý proříznutý meandr zůstává stále protékán vodou.

Na obrázku č. 30 je na 129. km patrný nejprve malý propich meandru a zkrácení hlavního toku mezi roky 1979 a 1991, následně však po povodni v roce 2002 došlo k razantnější změně, kdy se prolomil meandr a tok se zkrátil o cca 0,5 km. Odříznutý meandr byl ve spodní části postupně zanášen písečnými nánosy až po úplné zarostení. V horní části je meandr stále ještě v kontaktu s řekou.

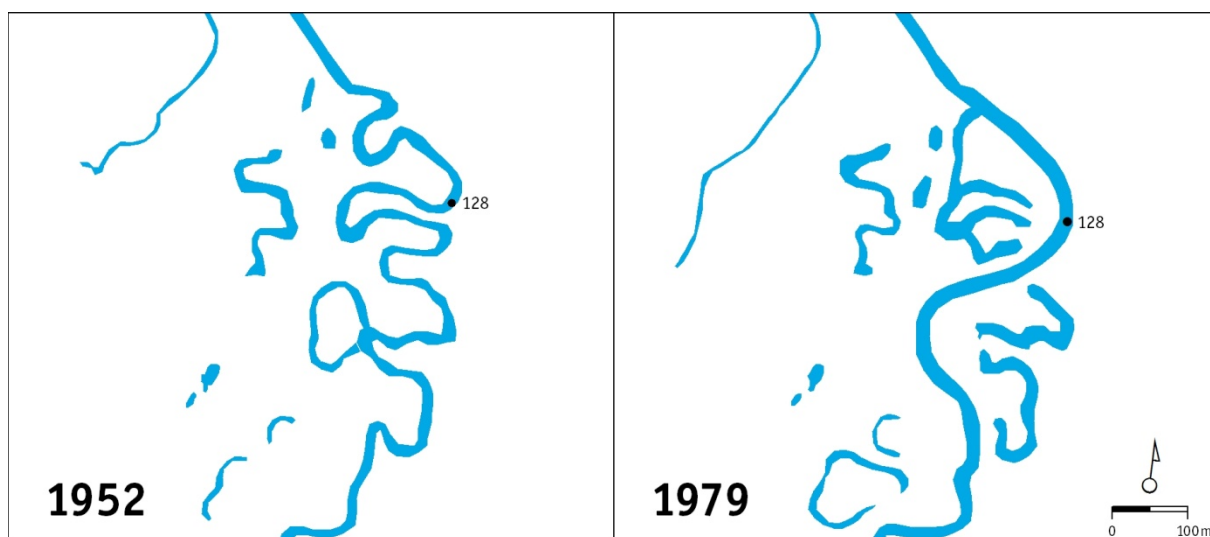
Obr. č. 30: Změny koryta Lužnice na 129. km



Poněkud odlišná je situace v úseku od 128,5. km výš, kde byly v 70. letech minulého století provedeny poměrně razantní zásahy do charakteru nivy. V rámci vodohospodářských úprav byla část silně meandrujícího koryta nad jezem v Suchdole nad Lužnicí napříměna a rozšířena v délce cca 700 m (obr. č. 31). Původní meandry byly izolovány od řeky a změnily se na odstavená ramena. K další antropogenní úpravě došlo také u 130. km toku znázorněné na obrázku č. 28 mezi roky 1952-1979.

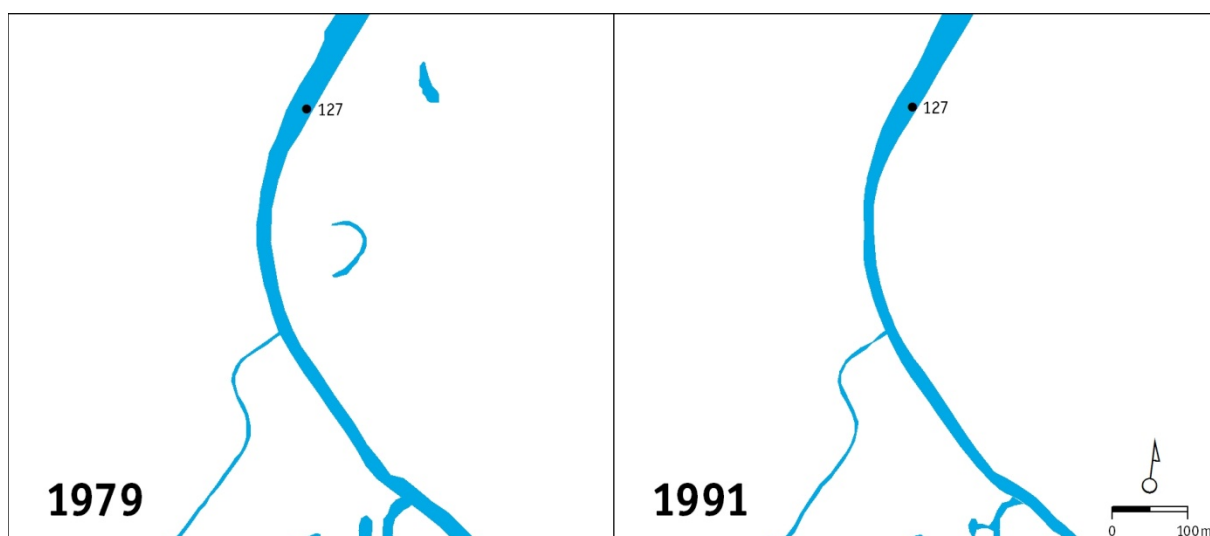


Obr. č. 31: Změny koryta Lužnice mezi 128,5. a 127,5. km



V rámci pokračujících vodohospodářských úprav došlo také k zahrnutí depresí a srovnání terénu. Vlivem těchto úprav zanikla jezera na 127. km pravého břehu řeky Lužnice, což je patrné na obrázku č. 32.

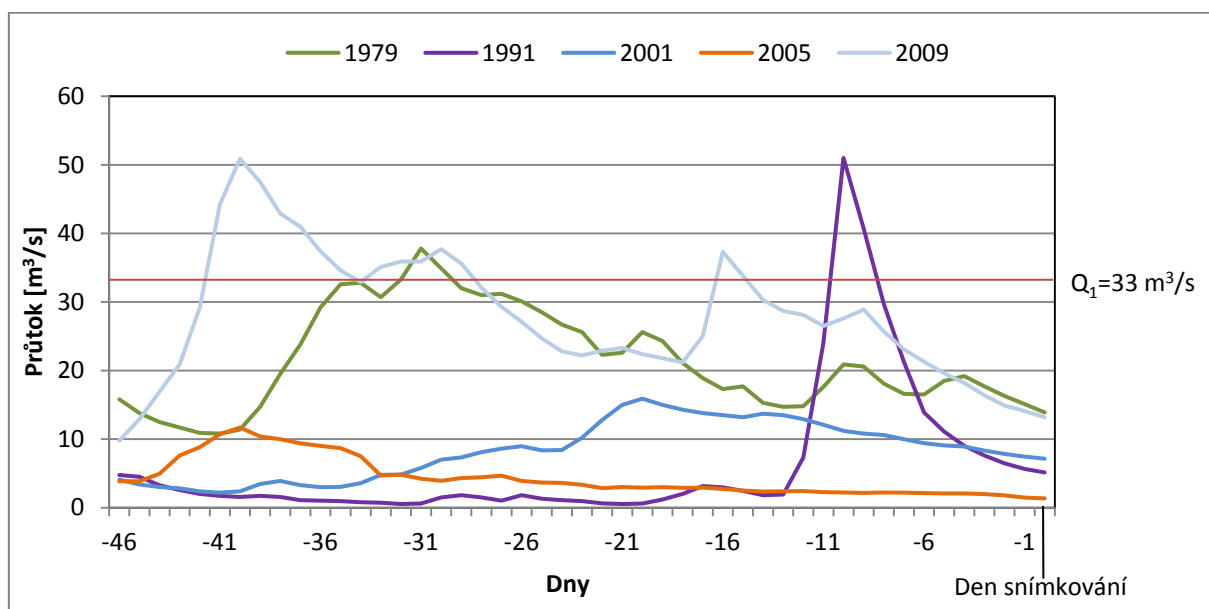
Obr. č. 32: Zánik jezer v povodí Lužnice na 127. km



Na některých předchozích obrázcích jsou viditelné i další rozdíly týkající se toku a jezer. Jedná se zejména o změny tvarů a velikostí jezer, sjednocení více jezer do jednoho, plošně rozsáhlejší rozlití jezer i řeky atp. Tyto rozdíly však nebyly podmíněny vývojem, jedná se pouze o změny v důsledku rozdílných vodních stavů v době snímkování, a tedy většího množství rozlité vody v nivě. Snímky byly v jednotlivých letech pořizovány v rozdílných ročních obdobích za různých vodních stavů. Na grafu č. 2 je znázorněn průběh denních

průtoků před datem pořizování snímků. Je tedy patrné, že v letech 1979 a 2009 dosahují průtoky několik dní po sobě vyšších hodnot a přesahují i hranici jednoleté vody  $Q_1$ . Voda se tedy v důsledku přirozeného rozlivu držela v nivě mnohem více a vytvořila plošně rozsáhlejší vodní útvary než u ostatních roků, kdy byly průtoky velmi nízké. Výrazný nárůst průtoku je zaznamenán i v roce 1991, avšak tento skok byl pouze krátkodobý a v důsledku velmi nízkých průtoků ve dnech předchozích neměl žádný vliv na změny v nivě. Roky 1949 a 1952 nejsou v grafu zaznamenány, protože vodoměrný profil Pilař v té době ještě nebyl v provozu. Ze snímků je však zřejmé, že rok 1949 je stejně jako roky 1979 a 2009 snímkován za výrazného vylití vody v nivě.

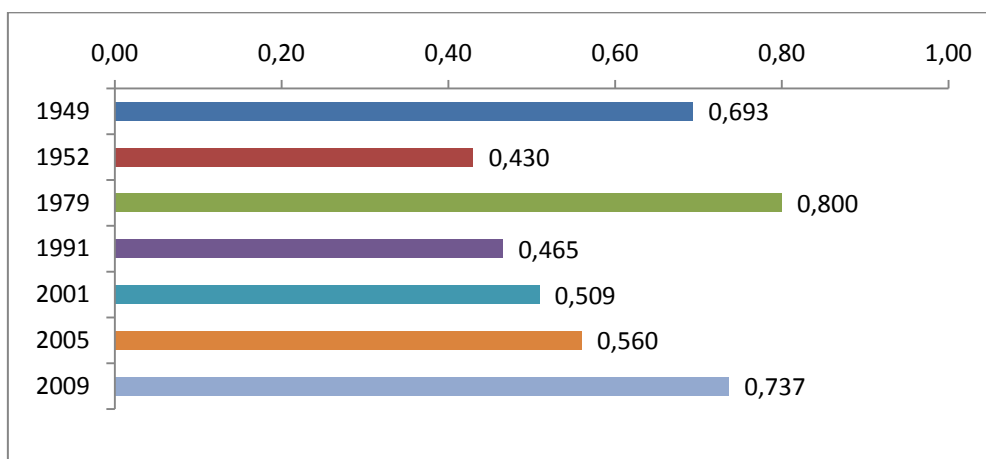
Graf. č. 2: Průměrné denní průtoky na profilu Pilař znázorňující množství vody v nivě před datem snímkování za jednotlivé roky



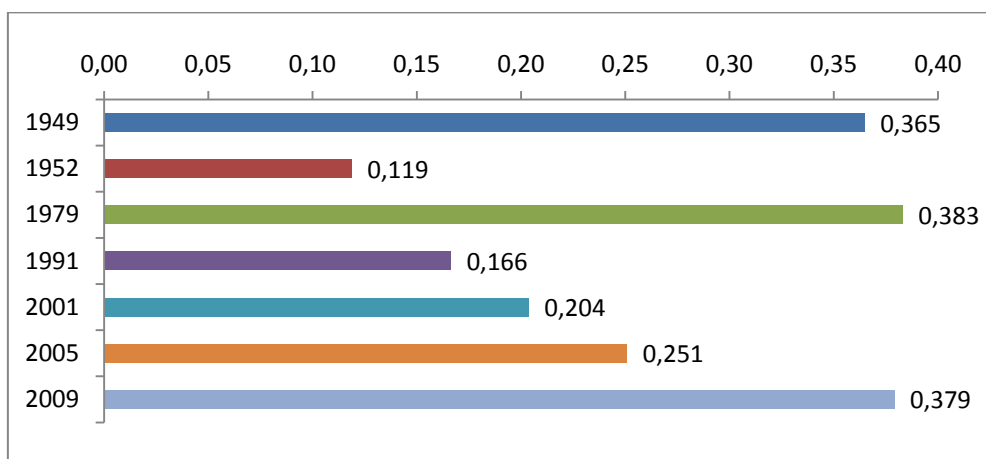
Zdroj: vlastní zpracování dat ČHMÚ

Zajímavé je také porovnání zalitých ploch mezi jednotlivými roky. Vyhodnotila jsem je na základě výpočtů z vektorizovaných snímků. Grafy č. 3-5 znázorňují celkovou vodní plochu, plochu jezer a samotného toku. Z grafu č. 4 je dobře patrné již zmíněné výrazné vylití vody v nivě v letech 1949, 1979 a 2009. Mimo tyto uvedené roky můžeme dojít k závěru, že postupem času dochází k pozvolnému nárůstu ploch jezer. Je to dáno přirozeným vznikem odškrcených jezer, trvalým zavodněním půdních depresí, ale i lidskou činností a zakládáním nových vodních ploch. Celková vodní plocha v grafu č. 3 se také postupně zvyšuje.

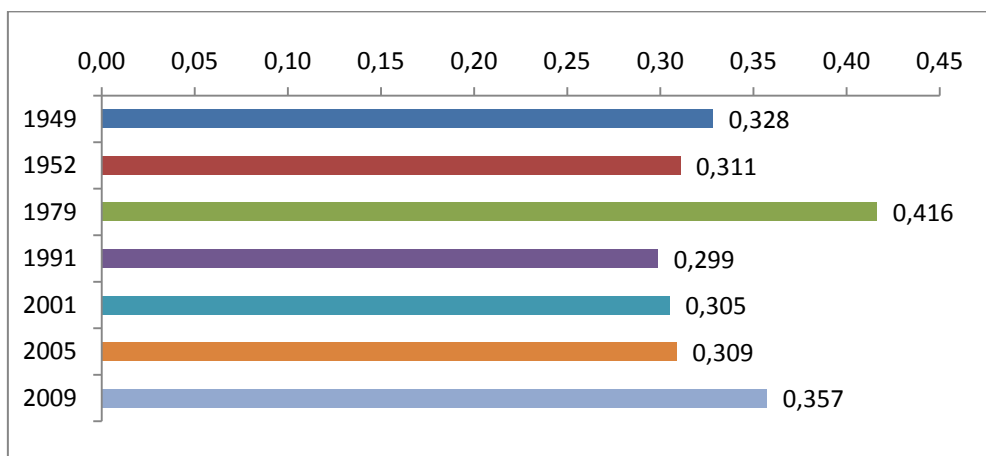
Graf č. 3: Celková vodní plocha za jednotlivé roky (km<sup>2</sup>)



Graf č. 4: Plocha jezer za jednotlivé roky (km<sup>2</sup>)



Graf č. 5: Plocha toku za jednotlivé roky (km<sup>2</sup>)



Zdroj: grafy 3 – 5 byly vytvořeny na základě vlastního zpracování dat



U plochy toku (graf č. 5) je vývoj trochu odlišný. Největší hodnoty byly opět zaznamenány v letech 1979 a 2009, kdy bylo v nivě nejvíce rozlité vody, a tedy i řeka po předchozích vysokých průtocích zvětšila svou plochu. Stav z roku 1949 již ale není třetím největším. Společně s rokem 1952 však dosahuje vyšších hodnot než roky 1991, 2001 a 2005. To lze vysvětlit tím, že po roce 1952 došlo k nejrazantnějším úpravám toku a nejvýraznějšímu zkrácení koryta. Tím se tedy snížila i jeho plocha.

### **Celkové shrnutí vývoje toku a jezer na celém území mezi jednotlivými roky**

Mezi roky 1949 a 1952 nedošlo k žádné patrné změně toku, která by se dala z leteckých snímků vyhodnotit. Jedinou změnou bylo zavezení několika jezer nadložním pískem, jak již bylo zmíněno výše. Jedná se pouze o krátký časový úsek oproti ostatním. Rok 1949 jsem do souboru vektorizovaných snímků zařadila z důvodu znatelného rozsáhlého vylití vody do nivy. Jedná se tedy o velký rozdíl v celkové ploše jezer i řeky. Délka řeky se podle výpočtů v GIS zkrátila jen o 10 metrů. V porovnání s ostatními roky se jedná pouze o nepatrný rozdíl.

Mezi roky 1952 a 1979 došlo k 10 případům prolomení meandrů a zkrácení toku, k jedné přirozené změně hlavního koryta a dále ke třem případům napřímění toku. Celkově se délka toku mezi těmito roky zkrátila o 3315 metrů. Antropogenní zásah v tomto případě činil 1650 metrů a přírodní tedy 1665. Jedná se o jediný časový úsek, ve kterém měla na zkrácení toku vliv antropogenní činnost, ve všech ostatních šlo pouze o přírodní změny. Celkově se jedná o nejvýraznější zkrácení toku v celém sledovaném období. Velký vliv na tyto razantní změny měly kromě lidských úprav také četné povodně, kterých se mezi těmito roky vyskytlo podle zpracovaných dat 16.

Mezi roky 1979 a 1991 došlo ke dvěma prolomením menších meandrů a k jedné přirozené změně hlavního koryta. Vznik nového koryta řeky způsobilo prolomení břehu mezi sousedními uzavřenými meandry. Povodní, které mohly mít vliv na zmíněné změny, se v tomto časovém úseku vyskytlo 5. Celkově se délka toku mezi těmito roky zkrátila o 356 metrů.

Mezi roky 1991 a 2001 došlo ke třem případům prolomení meandrů a celkovému zkrácení toku o 211 metrů. Příčinou těchto prolomení mohly být 4 povodně vyskytující se v tomto období, s nejvýraznější v roce 1996, která dosahovala až pětileté vody.

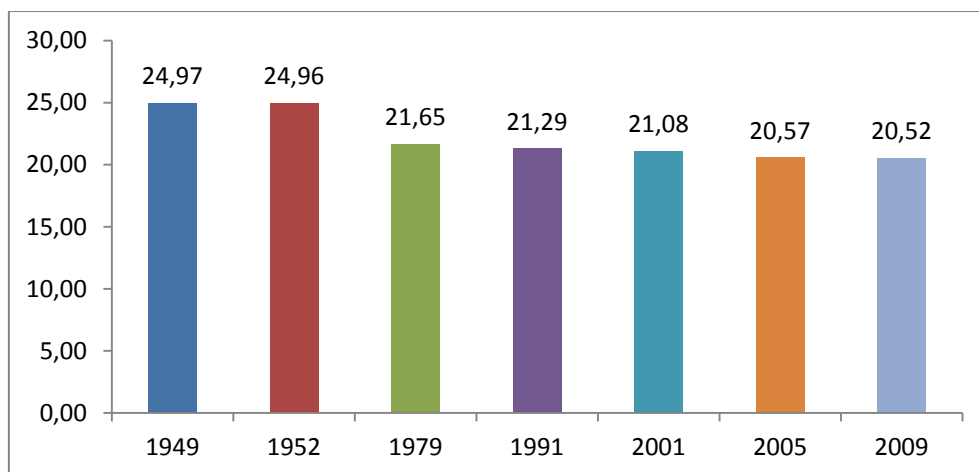
Mezi roky 2001 a 2005 došlo ve sledovaném území k pěti prolomením meandrů a následnému zkrácení toku. Příčinou těchto změn bylo 5 povodní vyskytujících se v tomto

období, především s extrémní povodní v roce 2002. Většina vzniklých mrtvých ramen byla alespoň částečně zanesena písčítými naplaveninami a stala se za středního stavu hladiny neprůtočnými. Délka toku se mezi těmito roky zkrátila o 512 m, což je druhá nejvyšší hodnota.

Mezi roky 2005 a 2009 nenastaly kromě jednoho protržení meandru a zkrácení toku o 47 metrů již žádné další razantní změny. Jedná se o druhé nejmenší zkrácení toku. Šest povodní proběhlých v tomto období již nemělo tak velkou tvořivou sílu, spíše jen modelovaly již vytvořené změny a umocnily je dalším rozšiřováním meandrů do boků. Podle Černého (2008) povodeň v roce 2006 svou délkou trvání přispěla v mnoha tůních k částečnému zanesení písčítými sedimenty.

V následujícím grafu č. 6 a tabulce č. 7 jsou shrnuty a zpřehledněny všechny délky toku a jejich zkrácení během uvedených roků. Je tedy zřejmé, že postupným vývojem dochází ke stálému zkracování toku, které bylo nejrazantnější do roku 1979. Jedná se však o nejdelší časový rozestup mezi vyhodnocovanými roky. Celkově se řeka v celém sledovaném časovém úseku během 60 let zkrátila o 4451 m, z čehož 1650 m bylo vlivem antropogenních zásahů.

Graf. č. 6: Délka toku (km) za jednotlivé roky hodnocená pomocí výpočtů v prostředí GIS



Zdroj: vlastní zpracování dat

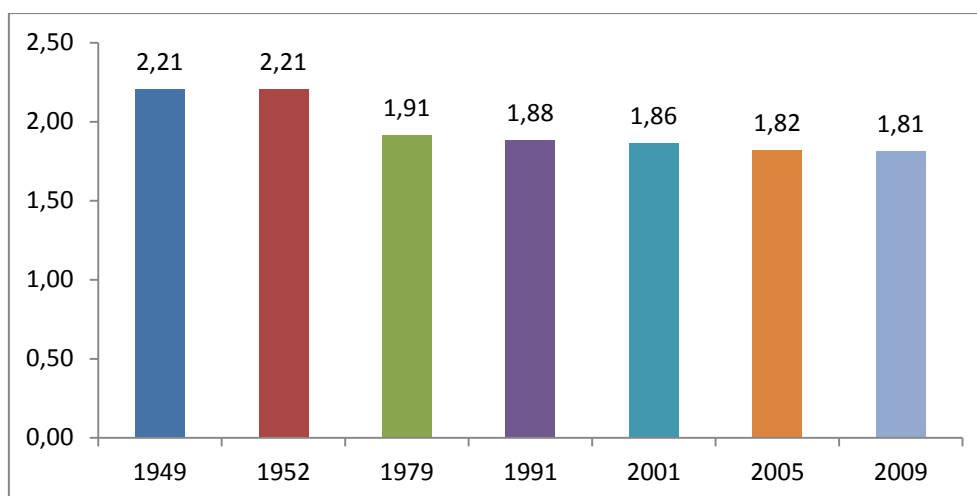
Tab. č. 7: Změny délky toku ve sledovaném úseku od 127. km do 149. km mezi jednotlivými roky

rok	délka toku [m]	délka toku [km]	zkrácení [m]
1949	24974,54	24,97	
1952	24964,73	24,96	10
1979	21649,69	21,65	3315
1991	21293,79	21,29	356
2001	21082,99	21,08	211
2005	20571,12	20,57	512
2009	20523,73	20,52	47

Zdroj: vlastní výpočty z naměřených dat

Dále jsem ještě vyhodnotila stupeň vývoje toku v jednotlivých letech snímkování (graf č. 7). Jedná se o poměr skutečné délky toku se vzdáleností mezi jeho koncovými body. Přímá vzdálenost mezi hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí činí 11,3 km. Pokud by se výsledná hodnota blížila k 1, znamenalo by to přímý charakter toku bez výrazných změn směru. Řeka Lužnice však dosahuje v letech 1949 a 1952 hodnot 2,21, které se postupně snižují až k 1,81 v roce 2009. Je tedy jisté, že postupným odškrcováním meandrů a zkracováním toku došlo také ke snížení míry křivolakosti toku. Z výsledných hodnot je ale stále zřejmá vysoká míra křivolakosti, která dokazuje již dříve zmíněné výrazné meandrování toku. Do roku 1979 tok urazil ve sledovaném úseku nivy Lužnice více než dvojnásobnou vzdálenost než je vzdušná vzdálenost mezi hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí

Graf č. 7: Křivolakost toku za jednotlivé roky vyhodnocená poměrem skutečné délky toku se vzdáleností mezi jeho koncovými body



Zdroj: vlastní zpracování dat

### 5.3. Vyhodnocení batymetrického mapování

Tato kapitola se věnuje shrnutí všech naměřených a vypočítaných výsledků na základě terénního měření. Celkem se tedy jedná o 34 zpracovaných tůní. Vzhledem k jejich velkému množství a různému rozmístění v nivě Lužnice jsem vymezila 10 oblastí, ve kterých se dané tůně vyskytují, a pro účel této práce je budu nazývat jezerní zóny s označením JZ 01 až JZ 10. Rozmístění těchto zón v nivě Lužnice je zobrazeno na mapě č. 9. Názvy všech tůní a jejich zařazení v zónách jsou uvedeny v tabulce č. 8. Původ jmen některých tůní je v určitých případech odvozen podle jejich místa výskytu (Mostní, Pod dubem, atd), podle fyzicko-geografických znaků (Mělká, Klikatá, Úzká, atd), či podle jmen osob, které na nich prováděly výzkum (Pithartova, Holubovy, atd). Pro další dohledání jednotlivých tůní jsou v tabulce také uvedeny říční kilometry, na kterých se nacházejí a čísla, pod kterými jsou uvedeny v mapě Černého (1994).

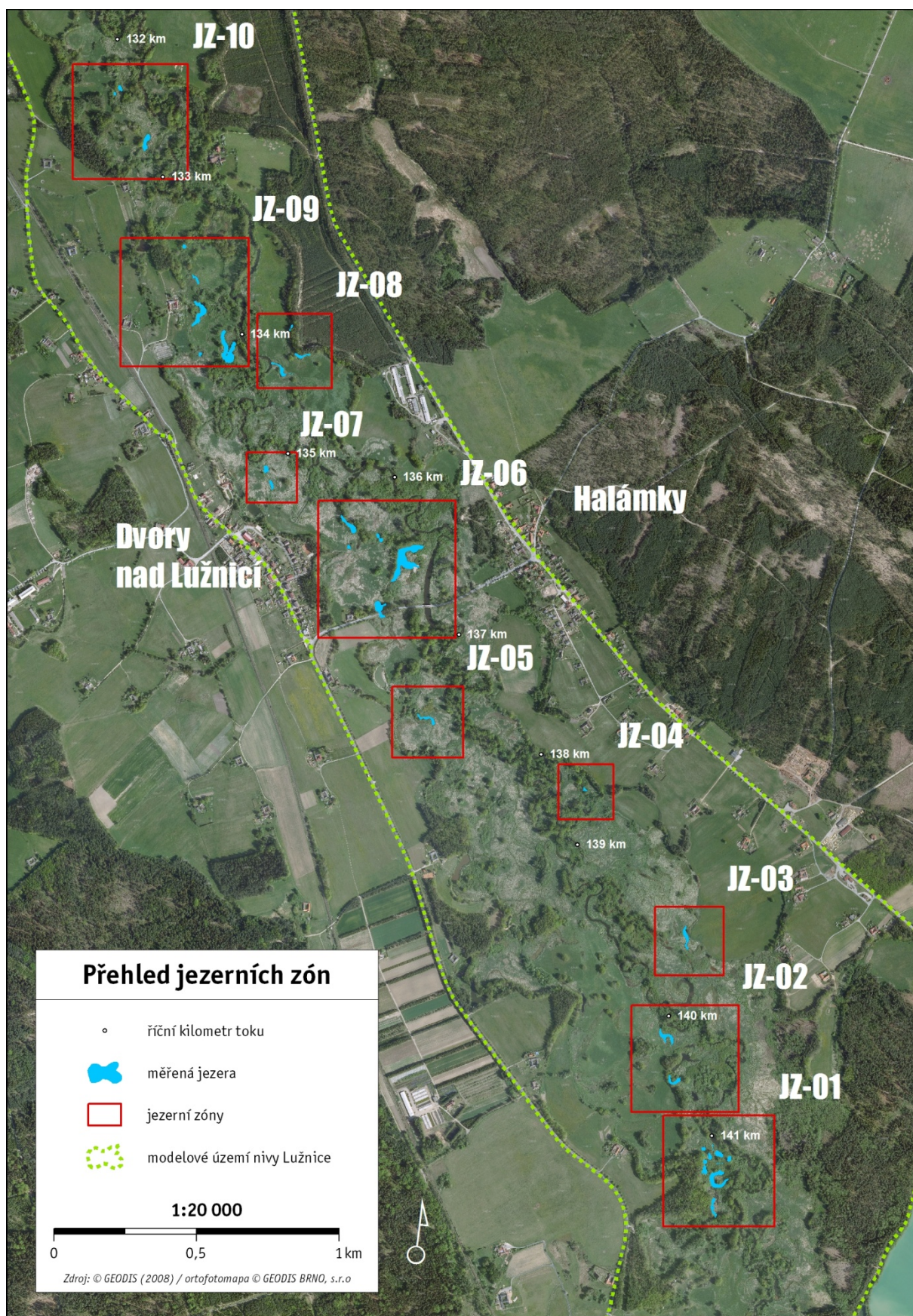
Pro porovnání změn některých morfometrických charakteristik tůní (obvod, plocha a hloubka) byla použita data z ledna roku 1995, která byla pořízena v rámci studie prostorové a časové rozmanitosti malých mělkých tůní v nivě řeky Lužnice zpracované a publikované Pithartem (2007). Šlo o analýzu 29 tůní a říčních ramen, kde bylo cílem předložit koncept jejich vzájemné rozmanitosti. Je ovšem nezbytné zmínit, že obvod a plocha tůní byla pro účely studie určena pomocí planimetrování zakreslených tůní v mapách Černého (1994) a hloubka byla měřena z ledu v místech, kde by podle předpokladů měla být největší. Je tedy zřejmé, že některé hodnoty nemohou být příliš relevantní. Avšak určité změny se vyvodit dají.

Tab. č. 8: Přehled všech zpracovaných tůní

	Název tůně	V mapě Černého tůň číslo	Říční kilometr		Název tůně	V mapě Černého tůň číslo	Říční kilometr		Název tůně	V mapě Černého tůň číslo	Říční kilometr
JZ-01	Prokopova	66	141,4	JZ-02	Síťová	83	140,7	JZ-08	Holub 1	183	134,1
	Mělká	70	141,4		Klikatá	85	140,2		Holub 2	185	134,1
	Pod Dubem	73	141,1	JZ-03	U meteostanice	95	139,7		Holub 3	186	134
	Nová	není	141,1	JZ-04	Trojité prostřední	130	138,7	JZ-09	Robinzonka	190	134
	Pithartova	74	141	JZ-05	Průtočná	136	137,4		Poetická	191	134,1
	Protáhlá	není	141	JZ-06	Mostní	154	136,8		Jaromírova	192	133,8
	T1	75	141		Drnků	156	136,7		Úzká	199	133,7
	T2	72	141,1		Minerální	163;164	136,5		Horní skrytá	201	133,2
	T3	71	141,1		Modrá	167	135,5	JZ-10	Markéta	207	132,8
	Malá	není	141,1		Topolová	168	135,5		Vlasta	208	132,6
	Esíčko	není	141,1	JZ-07	Čistá	177	134,8		Adéla	210	132,5
					Pod Hruškou	179	134,8				



Mapa č. 9: Přehled jezerních zón v nivě Lužnice



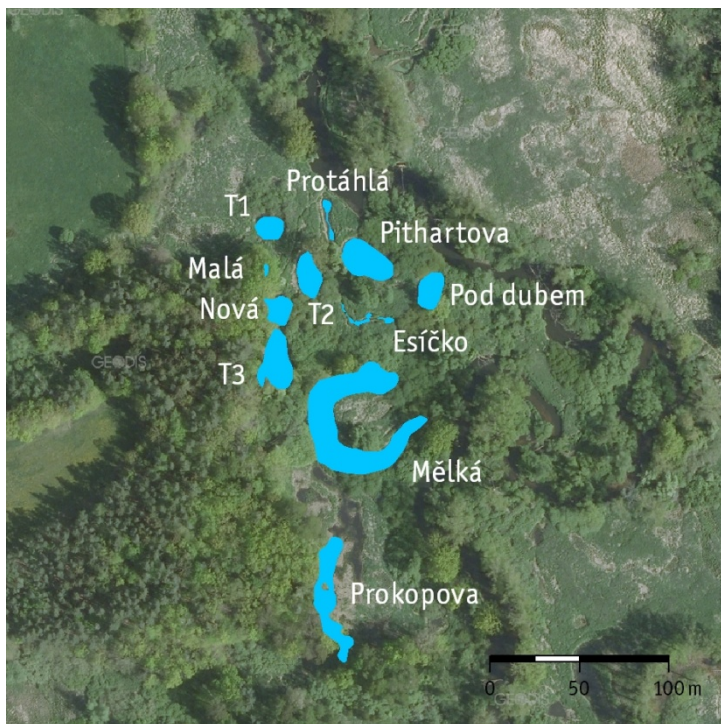
Zdroj: vlastní zpracování dat



## JZ 01 – Základna

Tato jezerní zóna se pro výzkumné účely nazývá stanice Základna. Jde o území s tradicí výzkumu již od 70. let. Dříve zde byla postavena terénní stanice pro hydrobiologický výzkum. Jedná se o velmi zajímavou lokalitu z hlediska dynamiky změn morfologických jevů. JZ 01 se vyskytuje přibližně na 141. kilometru toku. Nachází se zde mnoho stálých a periodických tůň na poměrně malém území. Bylo zde zaznamenáno 11 tůň, které se vyskytují na levém břehu řeky a jsou od ní v různé vzdálenosti (obr. č. 33). Tůň jsou různého tvaru i hloubek. Měření v této lokalitě proběhlo ve dnech 18. – 19. 11. 2010, pouze tůň Mělká a Prokopova byly měřeny až později, ve dnech 9. – 10. 6. 2011.

Obr. č. 33: JZ 01



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

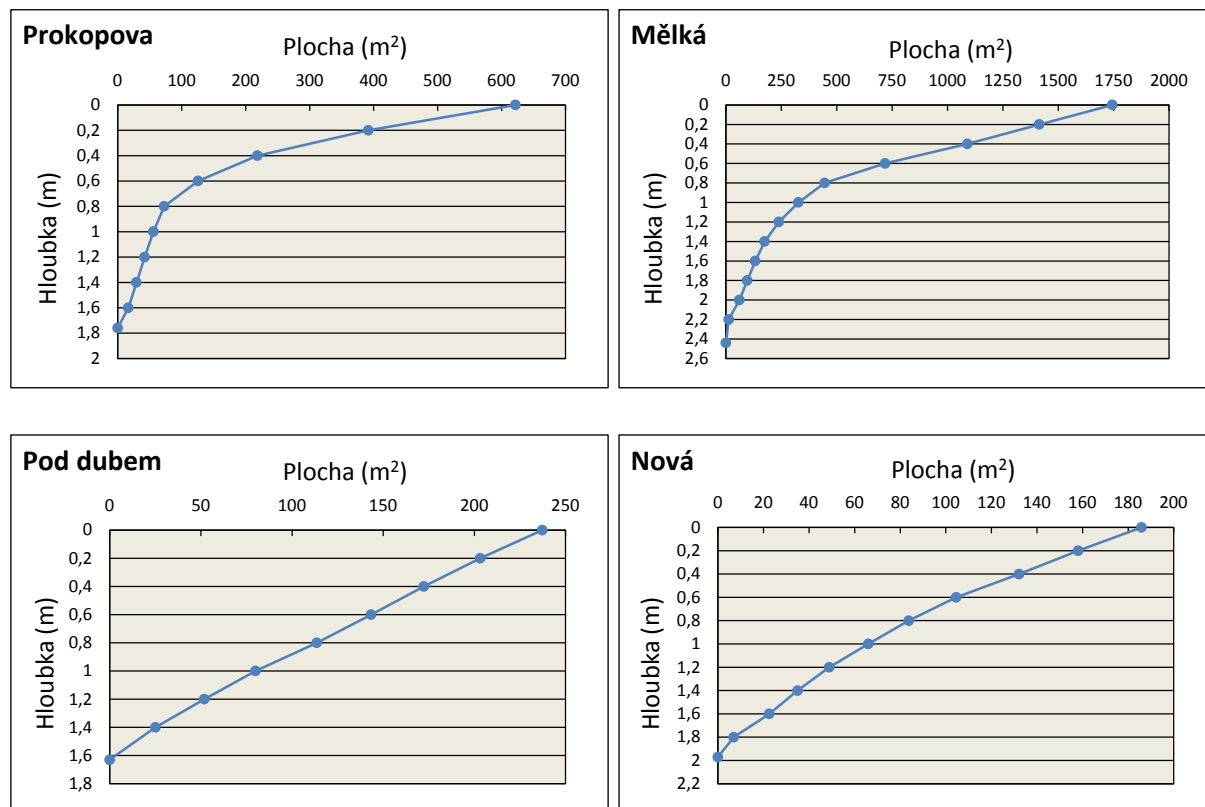
Základní morfometrické charakteristiky jsou shrnuty v tabulce č. 9. Z porovnání naměřených hodnot je patrné, že největší plochu, objem i hloubku zaujímá tůň Mělká. Největších hodnot dosahuje zřejmě proto, že se jedná oproti ostatním tůňm, které vznikly postupnou činností vody v nivě, o mrtvé rameno řeky, jež bylo v minulosti odděleno od hlavního toku. Dále lze podle koeficientu členitosti břehové linie určit, že tůň T1 s nejnižším koeficientem má tvar nejvíce podobný kruhu, zatímco tůň Esíčko, případně tůň Protáhlá s nejvyšším koeficientem má tvar nejvíce protáhlý. Nejlepší představu o tvaru jezerních pánví

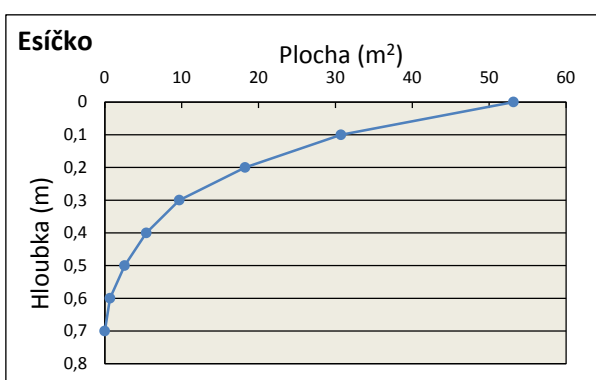
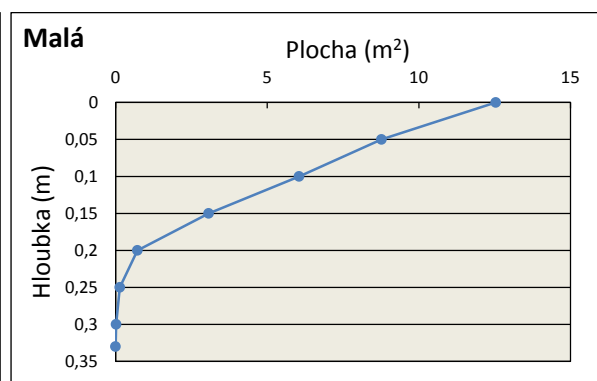
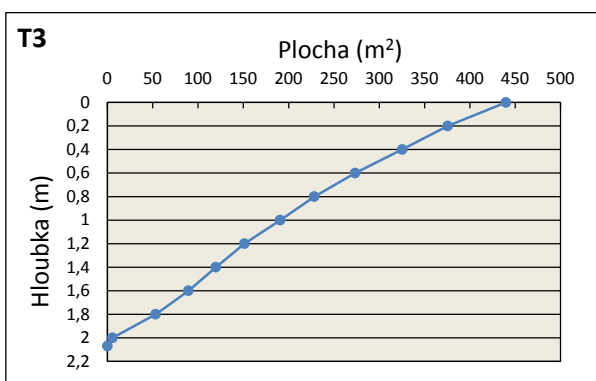
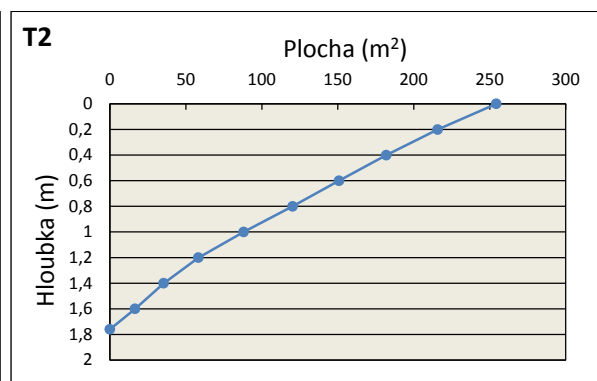
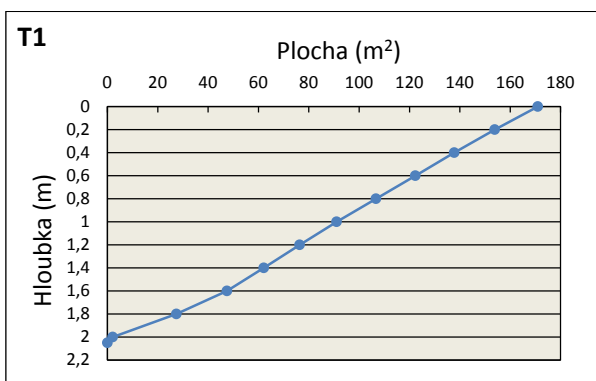
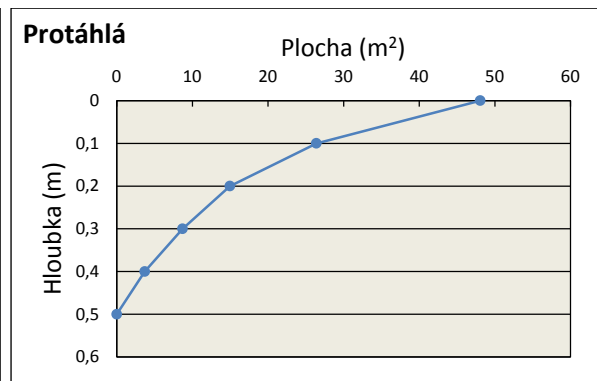
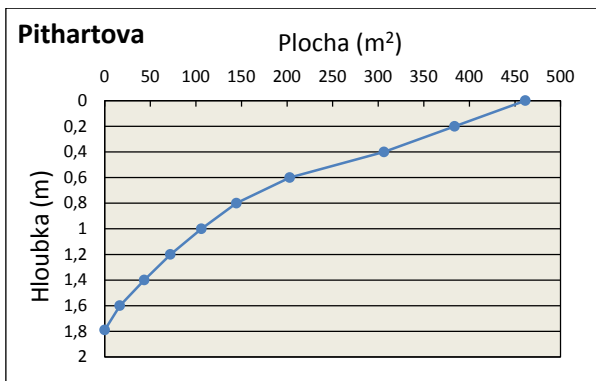
udávají batymetrické mapy jednotlivých tůní, které jsou uvedeny v přílohách č. 15 – 25. Podrobný popis hloubkových poměrů zkoumaných fluvialních jezer znázorňují batymetrické křivky (obr. č. 34).

Tab. č. 9: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 01

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Prokopova	621,63	459,07	181,89	55,18	12,98	11,27	2,06	314,77	1,76	0,51	0,29	6,26	14°24'
Mělká	1743,67	459,31	299,97	54,13	53,35	32,21	2,03	1291,47	2,44	0,74	0,30	5,18	11°51'
Pod dubem	237,27	458,51	58,38	21,82	13,41	10,87	1,07	205,35	1,63	0,87	0,53	9,38	11°20'
Nová	185,86	458,69	54,11	19,02	16,50	9,77	1,12	168,76	1,97	0,91	0,46	12,81	16°01'
Pithartova	461,38	458,41	82,37	31,83	18,97	14,50	1,08	347,44	1,79	0,75	0,42	7,39	9°04'
Protáhlá	48,07	458,45	52,64	22,89	4,87	2,10	2,14	10,19	0,50	0,21	0,42	6,39	15°19'
T1	171,00	458,56	47,38	16,23	13,06	10,54	1,02	199,67	2,05	1,17	0,57	13,89	15°51'
T2	254,31	458,60	63,96	26,53	13,68	9,59	1,13	224,31	1,76	0,88	0,50	9,78	12°28'
T3	439,82	458,89	94,35	34,04	20,34	12,92	1,27	450,45	2,07	1,02	0,49	8,75	12°31'
Malá	12,54	458,75	16,64	7,26	2,40	1,73	1,33	1,57	0,33	0,13	0,38	8,26	12°21'
Esíčko	53,16	458,80	80,91	11,13	4,68	4,78	3,13	12,05	0,70	0,23	0,32	8,51	28°03'

Obr. č. 34: batymetrické křivky jezer v JZ 01



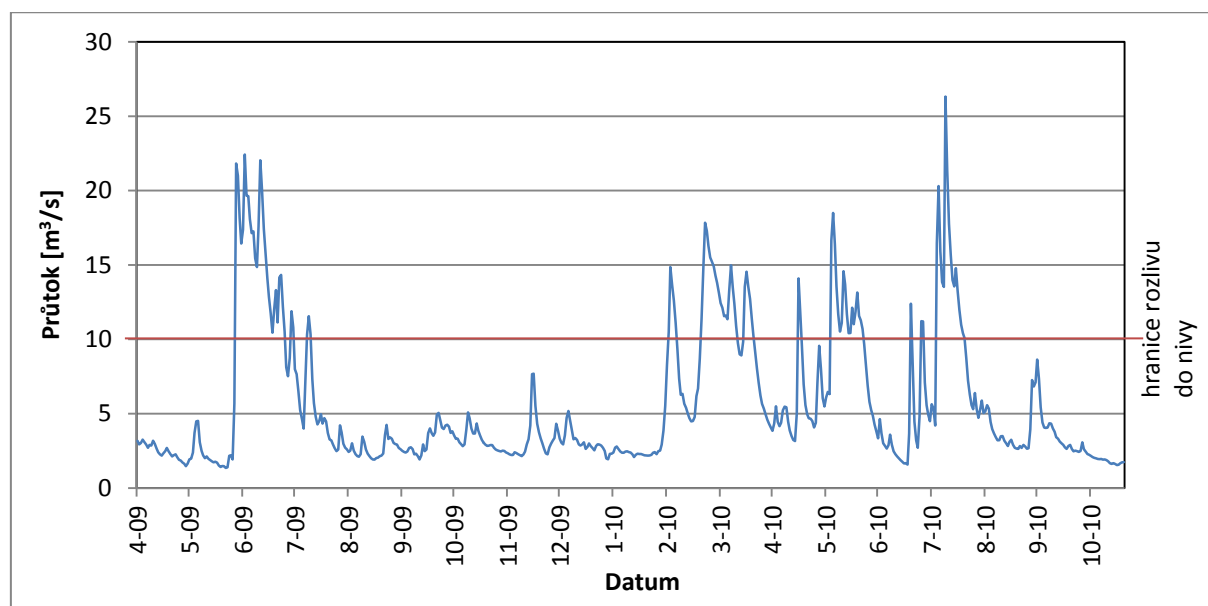




V této zóně jako jediné bylo dále také provedeno podrobnější mapování pomocí geodetické totální stanice za účelem sledování detailnějších změn v morfometrii jezerních pánví a v prostoru nivy. Cílem bylo navázat na terénní měření provedené 28. 4. 2009 a popsané v autorčině bakalářské práci (2009) a vyhodnotit změny, které se mezi těmito roky udály. Porovnání morfometrických charakteristik se týká všech tůň v této zóně, kromě tůň Pithartova, Mělká a T3, které nebyly v roce 2009 v práci zahrnuty.

K detailnějšímu vyhodnocení vývojových změn mezi provedenými měřeními byla využita data z hladinoměru PřF UK. Hladinoměry byly ve sledované lokalitě nainstalovány v rámci projektu NIVA za účelem detailnějšího hodnocení hydrologických procesů na úseku toku horní Lužnice mezi Novou Vsí n. L. a Suchdolem n. L. Pro účel mé práce postačí data pouze z profilu Niva, který se vyskytuje u stanice Základny nejbližší. V oblasti Základny se podle Svobody (2011) tok vylévá z břehů již od průtoku kolem  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , a protéká složitým systémem paralelních koryt, kde voda proudí mezi jednotlivými fluvialními jezery. Na grafu č. 8 je vyobrazen chod denních průtoků na profilu Niva mezi provedenými měřeními. Z naměřených hodnot lze určit, že voda v nivě byla vylitá celkem 107 dní. Toto číslo však zřejmě není koncové, neboť jak už jsem zmiňovala dříve, voda v nivě opadáva pomaleji než voda v řece. Lze tedy předpokládat, že voda v nivě byla vylitá mnohem déle.

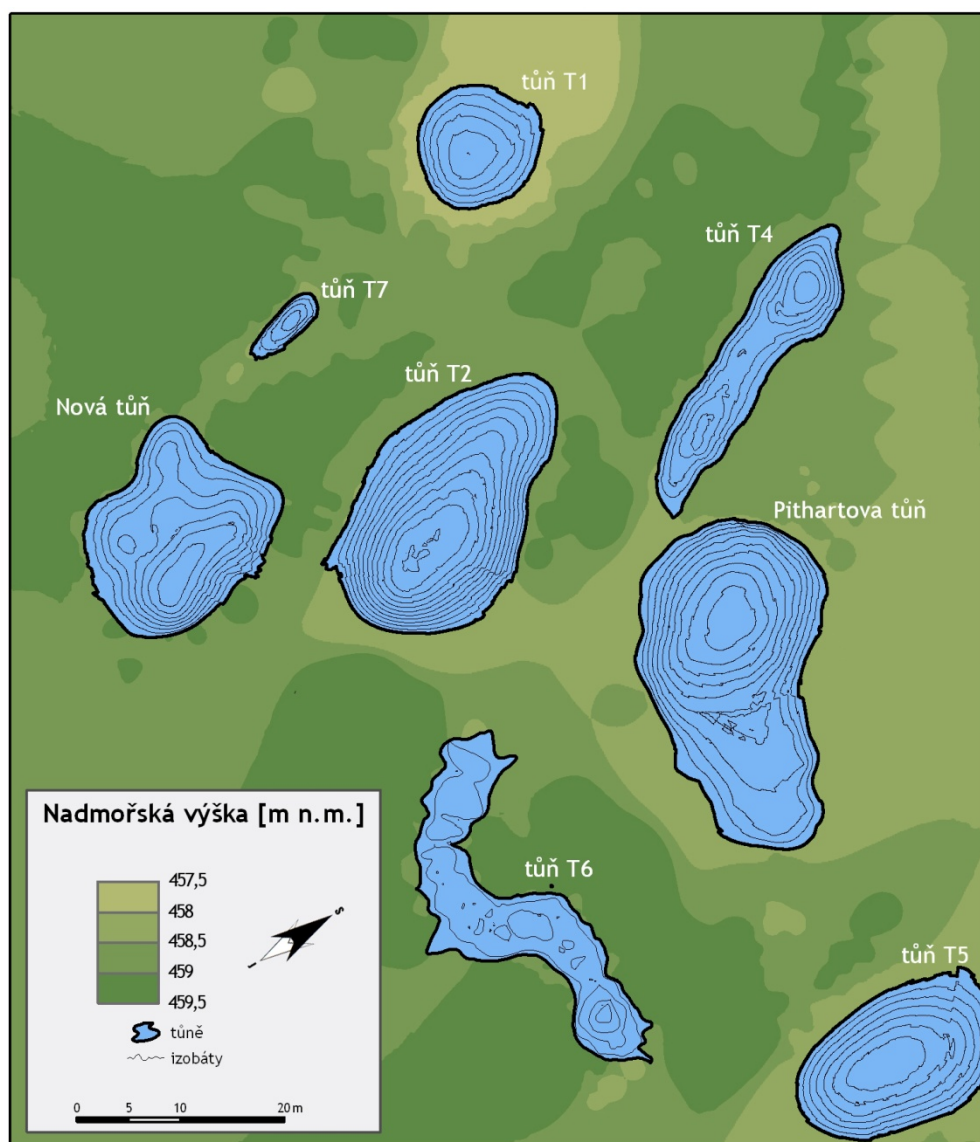
Graf č. 8: Chod denních průtoků na profilu Niva za období 28. 4. 2009 až 19. 11. 2011



Zdroj: vlastní zpracování dat PřF UK

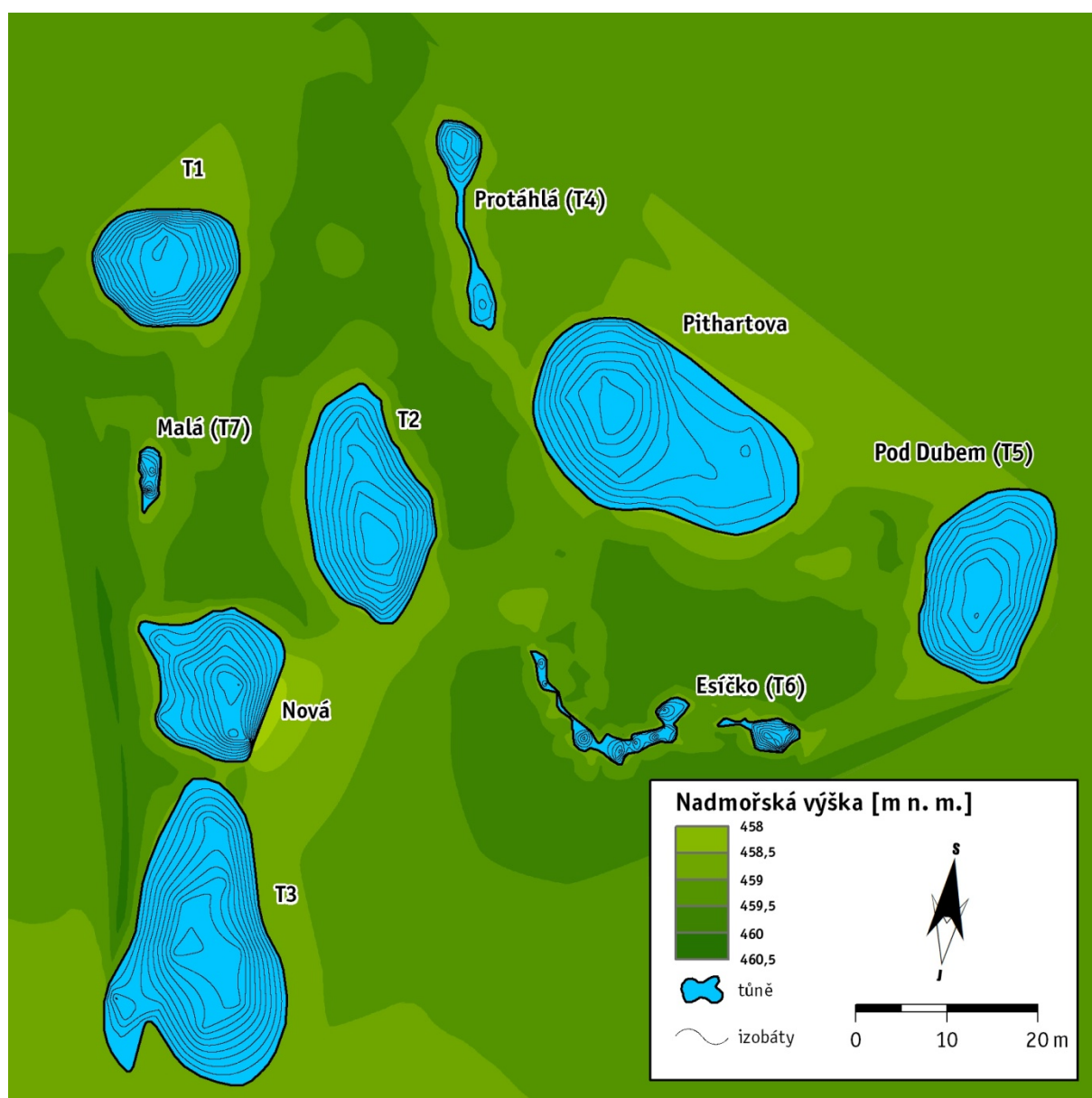
Mapy č. 10 a 11 znázorňují změny v morfometrii jezerních pánví a v prostoru nivy Základny mezi roky 2009 a 2010. Časový úsek mezi měřeními byl však příliš krátký na to, aby byly patrné výrazné terénní změny. Lze tedy konstatovat, že i přes poměrně časté a dlouhodobé zaplavení nivy neměla voda takovou sílu měnit a dále formovat zkoumaný prostor.

Mapa č. 10: Niva Základny v roce 2009



Zdroj: Hastíková (2009)

Mapa č. 11: Niva Základny v roce 2010



Zdroj: vlastní zpracování dat

V následující tabulce č. 10 jsou porovnány morfometrické charakteristiky jednotlivých tůň mezi roky 2009 a 2010. Pro lepší představu rozdílů naměřených a vypočítaných dat byly hodnoty morfometrických charakteristik přepočítány podle stejné nadmořské výšky hladiny jednotlivých tůň pro oba sledované roky. Z uvedených dat vyplývá, že téměř u všech tůň došlo ke snížení všech významných hodnot, výjimkou je pouze plocha Pithartovy tůň, která se zvětšila. Nejmarkantnější zmenšení je patrné u tůň Esíčko a Malá. Obě dvě tůň se nacházejí v místech, kam směřuje proud vody při rozlivu. Je tedy možné, že postupným zaplavováním nivy dochází k pomalému zanášení zmíněných jezer.

Tab. č. 10: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 01 mezi roky 2009 a 2010

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Datum měření
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Pod Dubem - T5	217,8	458,1	59,0	21,2	13,6	10,3	1,1	168,4	1,39	0,8	0,6	8,3	28.4.09
Pod Dubem	170,7	458,1	50,2	18,6	11,2	9,2	1,1	110,1	1,19	0,6	0,5	8,1	19.11.10
Pithartova	431,1	458,4	88,3	32,4	18,2	13,3	1,2	357,4	1,93	0,8	0,4	8,2	28.4.09
Pithartova	461,4	458,4	82,4	31,8	19,0	14,5	1,1	347,4	1,79	0,8	0,4	7,4	19.11.10
T1	110,6	457,5	39,6	12,7	11,8	8,7	1,1	62,2	1,03	0,6	0,6	8,7	28.4.09
T1	83,5	457,5	34,6	11,2	10,1	7,5	1,1	51,5	1,00	0,6	0,6	9,7	19.11.10
Esíčko - T6	225,7	458,6	102,1	31,6	12,2	7,1	1,9	83,0	0,85	0,4	0,4	5,0	28.4.09
Esíčko	53,2	458,6	80,9	11,1	4,7	4,8	3,1	12,1	0,70	0,2	0,3	8,5	19.11.10
Nová	207,1	458,7	59,1	20,0	16,2	10,3	1,2	263,7	2,70	1,3	0,5	16,6	28.4.09
Nová	185,9	458,7	54,1	19,0	16,5	9,8	1,1	168,8	1,97	0,9	0,5	12,8	19.11.10
Protáhlá - T4	89,4	458,5	62,4	27,2	5,8	3,3	1,9	31,1	0,66	0,3	0,5	6,2	28.4.09
Protáhlá	48,1	458,5	52,6	22,9	4,9	2,1	2,1	10,2	0,50	0,2	0,4	6,4	19.11.10
T2	297,9	458,6	68,8	26,8	15,5	11,1	1,1	303,5	2,00	1,0	0,5	10,3	28.4.09
T2	254,3	458,6	64,0	26,5	13,7	9,6	1,1	224,3	1,76	0,9	0,5	9,8	19.11.10
Malá - T7	20,3	458,8	20,5	8,4	3,0	2,4	1,3	4,1	0,46	0,2	0,4	9,0	28.4.09
Malá	12,5	458,8	16,6	7,3	2,4	1,7	1,3	1,6	0,33	0,1	0,4	8,3	19.11.10

Zdroj: vlastní zpracování dat

Pro představu morfometrických změn některých tůní v dlouhodobějším časovém rozsahu jsou v tabulce č. 11 uvedena data z let 1995 a 2010/11. V tabulce je také vypočítán rozdíl daných hodnot a jejich procentuální zvětšení či zmenšení. V tabulce chybí dalších 5 tůní z JZ 01, neboť v roce 1995 ještě nebyla zařazena do výzkumu. Lze tedy konstatovat, že největší změnu zaznamenala tůň Mělká, jejíž hloubka se zvětšila téměř o 85 % a je nejhlubší tůň z této zóny. Její název už tedy neodpovídá skutečnosti. Plošně se však nejvíce zvětšila tůň T2 o více než polovinu.

Tab. č. 11: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 01 mezi roky 1995 a 2010

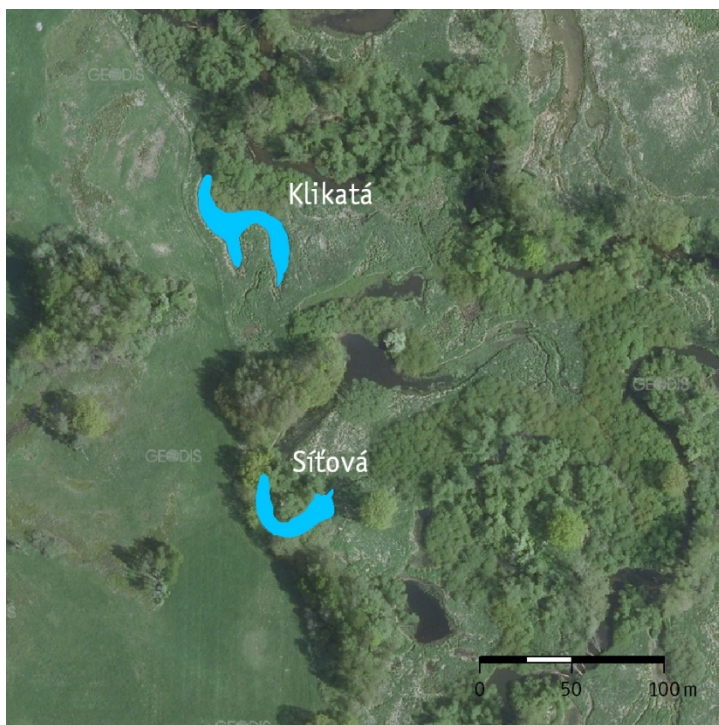
	1995	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	2010/11	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	ROZDÍL	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	%	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Mělká		1,3	1400	300		2,4	1744	300		1,1	343,7	0,0		84,6	24,6	0,0
Pod Dubem		2,1	280	64		1,6	237,3	58,4		-0,5	-42,7	-5,6		-23,8	-15,3	-8,8
Pithartova		1,6	544	88		1,8	461,4	82,4		0,2	-82,6	-5,6		12,5	-15,2	-6,4
T1		2,0	132	42		2,1	171	47,4		0,1	39,0	5,4		5,0	29,5	12,9
T2		2,3	164	52		1,8	254,3	64		-0,5	90,3	12,0		-21,7	55,1	23,1
T3		2,6	352	84		2,1	439,8	94,4		-0,5	87,8	10,4		-19,2	24,9	12,4

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2010/11 – vlastní měření

## JZ 02

Tato jezerní zóna se vyskytuje přibližně na 140. říčním kilometru. Byly do ní zařazeny 2 tůň, které se stejně jako v předchozí zóně vyskytují na levém břehu řeky (obr. č. 35). Měření v této oblasti proběhlo ve dnech 9. – 10. 6. 2011.

Obr. č. 35: JZ 02



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Základní morfometrické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 12. Ač se zdá být tůň Klikatá výrazně větší, což potvrzuje její větší plocha i obvod, tůň Síťová je značně hlubší a má i znatelně větší objem. Obě dvě tůňe jsou spíše protáhlého tvaru.

Tab. č. 12: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 02

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Síťová	603,47	458,27	155,65	40,77	30,34	14,80	1,79	505,00	2,25	0,84	0,37	8,12	16°10'
Klikatá	898,26	457,87	224,32	52,42	30,26	17,14	2,11	452,85	1,21	0,50	0,42	3,58	8°35'



V tabulce č. 13 jsou také pro představu morfometrických změn v dlouhodobějším rozsahu uvedena data z let 1995 a 2011. Stejně jako u předchozí zóny jsou zde rovněž vypočítány rozdíly daných hodnot a procentuálně znázorněno jejich zvětšení či zmenšení. Ve všech následujících tabulkách týkajících se těchto změn v dlouhodobějším časovém měřítku budou data uvedena stejným způsobem. Z těchto dvou tůní se markantní rozdíly týkají především Sítové, která zvětšila svou plochu více jak čtyřnásobně a hloubku i obvod dvouapůlnásobně.

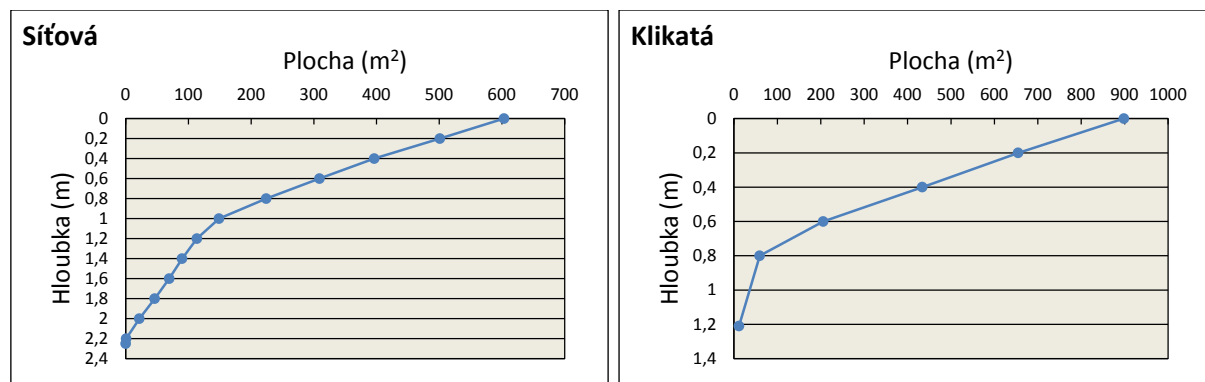
Tab. č. 13: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 02 mezi roky 1995 a 2011

	1995	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	2011	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	ROZDÍL	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	%	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Sítová		0,9	144	63		2,3	603,5	155,7		1,4	459,5	92,7		155,6	319,1	147,1
Klikatá		1,1	688	160		1,2	898,3	224,3		0,1	210,8	64,3		9,1	30,7	40,2

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2011 – vlastní měření

Batymetrické křivky na obrázku č. 36 znázorňují podrobný popis hloubkových poměrů daných tůní.

Obr. č. 36: Batymetrické křivky jezer v JZ 02

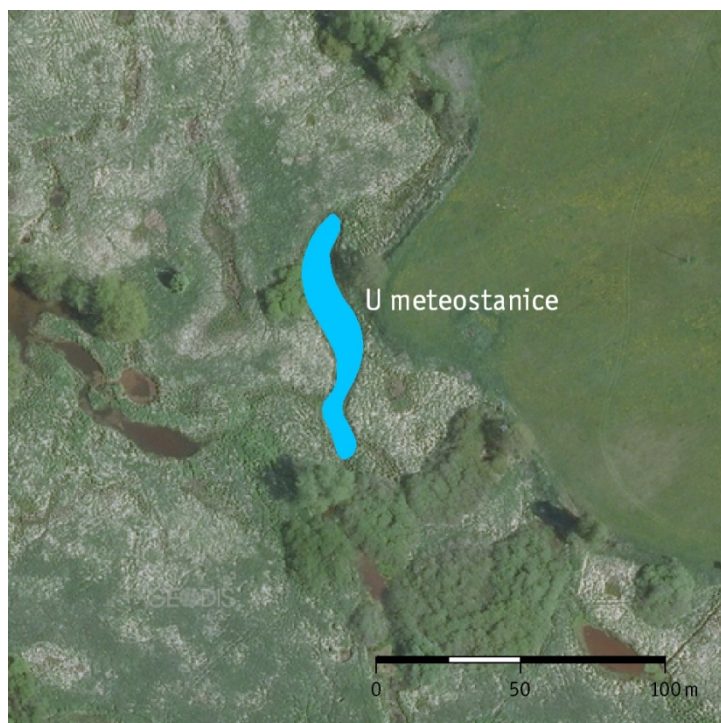


Představu o tvaru jezerních pánví udávají batymetrické mapy jednotlivých tůní, které jsou uvedeny v přílohách č. 26 a 27.

### JZ 03

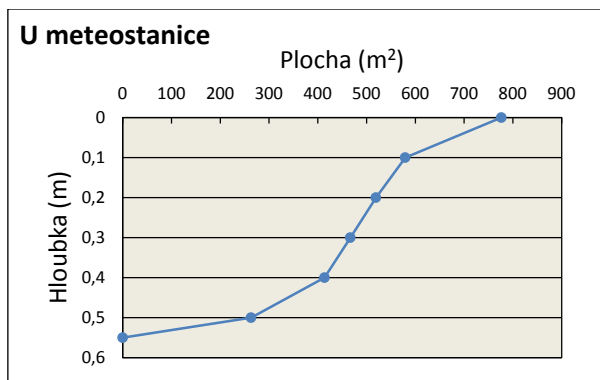
Tato zóna se vyskytuje přibližně na 139. kilometru toku. Byla do ní zařazena pouze jedna tůň, která se vyskytuje na pravém břehu řeky (obr. č. 37). Měření této tůně bylo provedeno Holubem v letech 2002 až 2004 v rámci sledování vybraných tůní z hlediska ichtyofauny. Poskytnutá data jsem dále zpracovala sama. Souhrn vypočítaných morfometrických hodnot přináší tabulka č. 14. V rámci dlouhodobého porovnání nedošlo u této tůně k tak výrazným morfometrickým změnám (tab. č. 15). Představu o hloubkových poměrech tůně udává batymetrická křivka na obrázku č. 38. Vytvořená batymetrická mapa je uvedena v příloze č. 28.

Obr. č. 37: JZ 03



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Obr. č. 38: Batymetrická křivka jezera v JZ 03



Tab. č. 14: Morfometrické charakteristiky jezera v JZ 03

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
U meteostanice	776,45	457,66	189,01	83,60	13,75	9,29	1,91	301,94	0,55	0,39	0,71	1,75	3°49'

Tab. č. 15: Porovnání morfometrických charakteristik jezera v JZ 03 mezi roky 1995 a 2002/04

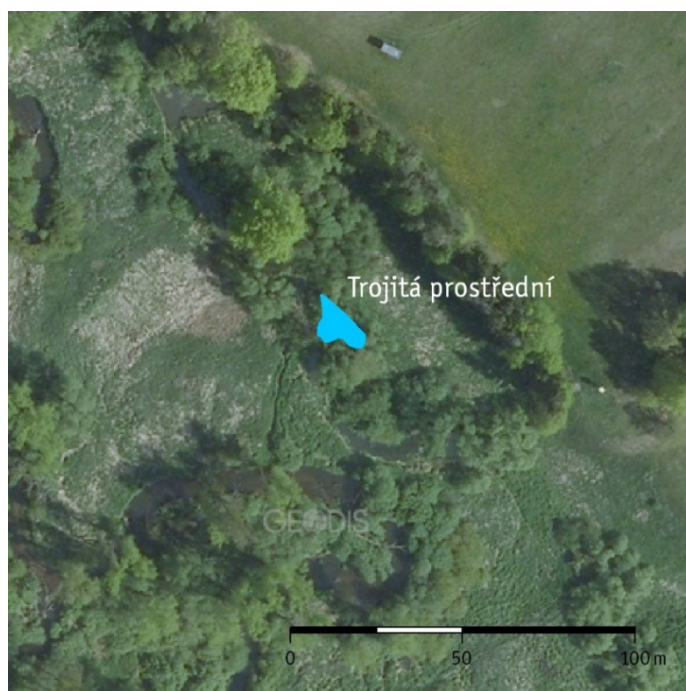
	1995	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	2002/04	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	ROZDÍL	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	%	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
U meteostanice		0,7	600	170		0,6	776,5	189		-0,1	176,5	19,0		-14,3	29,4	11,2

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2002/04 – Holub, 2006

## JZ 04

Tato zóna se vyskytuje přibližně na 138. říčním kilometru. Byla do ní zařazena také pouze jedna tůň (obr. č. 39). Stejně jako předchozí tůň se vyskytuje na pravém břehu řeky. Měření v této zóně bylo provedeno 28. 6. 2011. Souhrn vypočítaných morfometrických hodnot přináší tabulka č. 16. V rámci dlouhodobého porovnání morfometrických charakteristik se u této tůně změnila především hloubka, která se zvětšila přesně o půl metru, tedy o 83 % a také její plocha, která se zvětšila dvojnásobně (tab. č. 17).

Obr. č. 39: JZ 04



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o



Tab. č. 16: Morfometrické charakteristiky jezera v JZ 04

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Trojítá prostřední	120,83	456,22	49,40	19,76	10,54	6,11	1,27	60,06	1,05	0,50	0,47	8,47	12°08'

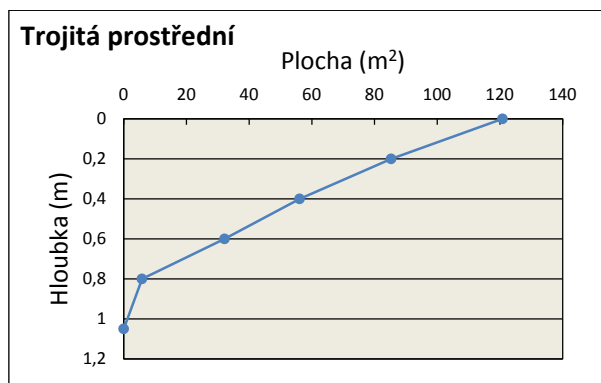
Tab. č. 17: Porovnání morfometrických charakteristik jezera v JZ 04 mezi roky 1995 a 2011

	1995	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	2011	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	ROZDÍL	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	%	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Trojítá prostřední		0,6	60	38		1,1	121	49		0,5	61	11		83	101	30

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2011 – vlastní měření

Batymetrická křivka na obrázku č. 40 znázorňuje podrobný popis hloubkových poměrů tůň. Představu o tvaru jezerní pánve udává batymetrická mapa, uvedená v příloze č. 29.

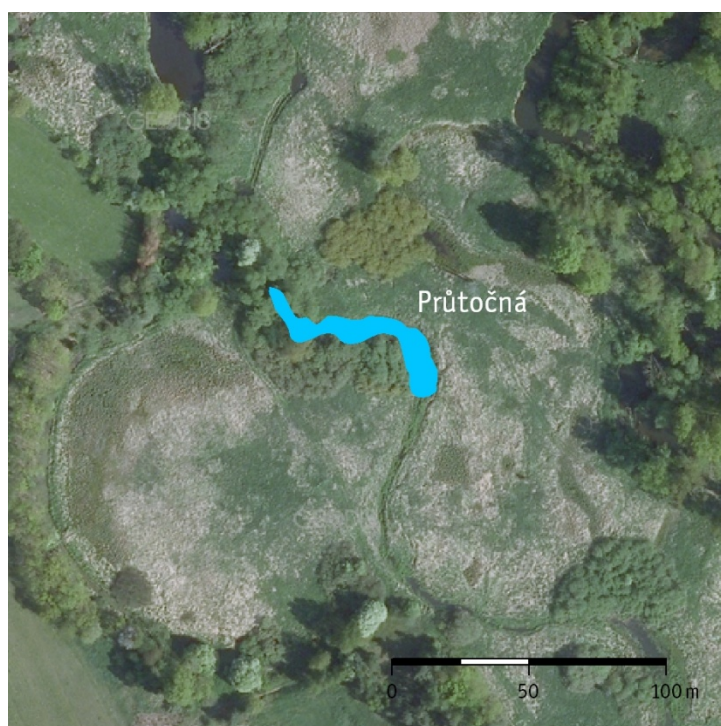
Obr. č. 40: Batymetrická křivka jezera v JZ 04



## JZ 05

Tato zóna se vyskytuje přibližně na 137. kilometru toku. Vyskytuje se zde opět pouze jedna tůň, která se však nachází na levém břehu řeky (obr. č. 41). Měření zde proběhlo ve dnech 9. – 10. 6. 2011. Souhrn vypočítaných morfometrických hodnot přináší tabulka č. 18. V rámci dlouhodobého porovnání morfometrických charakteristik se u této tůně, stejně jako v předešlé zóně, změnila zejména hloubka, která se zvětšila o 100 % (tab. č. 19).

Obr. č. 41: JZ 05



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Tab. č. 18: Morfometrické charakteristiky jezera v JZ 05

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Průtočná	609,87	455,76	182,32	52,94	22,86	11,52	2,08	284,75	1,41	0,47	0,33	5,06	11°54'

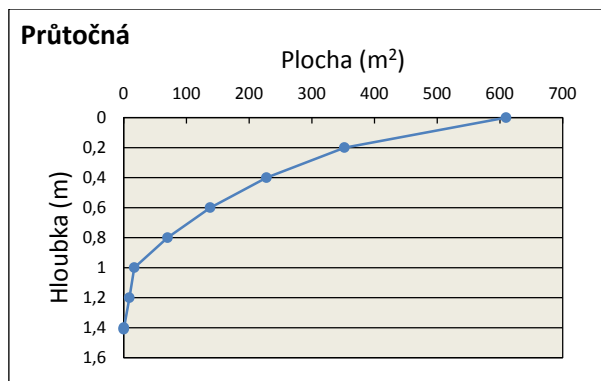
Tab. č. 19: Porovnání morfometrických charakteristik jezera v JZ 05 mezi roky 1995 a 2011

	1995			2011			ROZDÍL				%			
	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Průtočná	0,7	338	100	1,4	610	182		0,7	272,4	82,3		100,0	80,7	82,3

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2011 – vlastní měření

Představu o hloubkových poměrech tůň udává batymetrická křivka na obrázku č. 42. Vytvořená batymetrická mapa je uvedena v příloze č. 30.

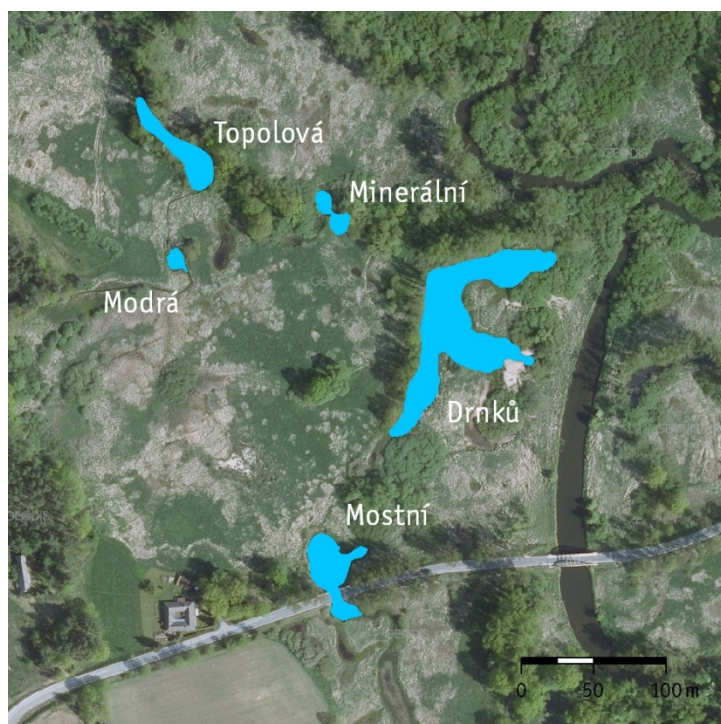
Obr. č. 42: Batymetrická křivka jezera v JZ 05



## JZ 06

Tato zóna se vyskytuje okolo 136. říčního kilometru. Nachází se zde 5 tůní různých velikostí i tvarů (obr. č. 43). Všechny tůně se vyskytují na levém břehu řeky. Měření v této lokalitě proběhlo ve dnech 18. – 19. 11. 2010, pouze tůň Drnků byla zmapována až později, ve dnech 9. – 10. 6. 2011.

Obr. č. 43: JZ 06



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Základní morfometrické charakteristiky jsou shrnuty v tabulce č. 20. Z porovnání naměřených hodnot je vidět, že absolutně největší plochu, obvod i objem zaujímá tůň Drnků. Naprosto nejhlubší tůň, ze souboru všech 34 zmapovaných, je Mostní. Její hloubka je dvojnásobně až téměř trojnásobně větší než u ostatních tůň. Z předchozího obrázku je patrné, že se tato tůň nachází pod mostem (proto i její název). Za vyšších vodních stavů skrze ni protéká mnohem větší množství vody, neboť je směřována mezi mostní pilíře. Voda má za tímto mostem velmi silný vířivý proud, díky kterému je tůň takto hluboká. Tento fakt je dobře patrný i na přiložené batymetrické mapě, která je spolu s mapami ostatních tůň z JZ 06 uvedena v přílohách č. 31-35.

Tab. č. 20: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 06

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Mostní	1191,52	455,08	196,52	62,40	42,03	19,09	1,61	1774,86	4,40	1,49	0,34	11,30	19°57'
Drnků	4702,58	455,23	527,92	136,44	84,42	34,47	2,17	3211,27	1,83	0,68	0,37	2,36	5°52'
Minerální	315,54	454,50	91,42	33,79	15,06	9,34	1,45	196,49	1,49	0,62	0,42	7,43	12°11'
Modrá	149,85	454,63	50,72	19,31	12,47	7,76	1,17	79,59	1,14	0,53	0,47	8,25	10°55'
Topolová	967,35	454,46	178,74	78,06	21,16	12,39	1,62	658,23	1,40	0,68	0,49	3,99	7°21'

Změny morfometrických charakteristik v dlouhodobějším časovém rozsahu jsou uvedeny v tabulce č. 21. Největších rozdílů dosáhla tůň Mostní, jejíž všechny tři charakteristiky se zvětšily téměř trojnásobně. Značnou změnu zaznamenala i tůň Drnků, jejíž hloubka se zvětšila o celý metr, tedy o 125 %.

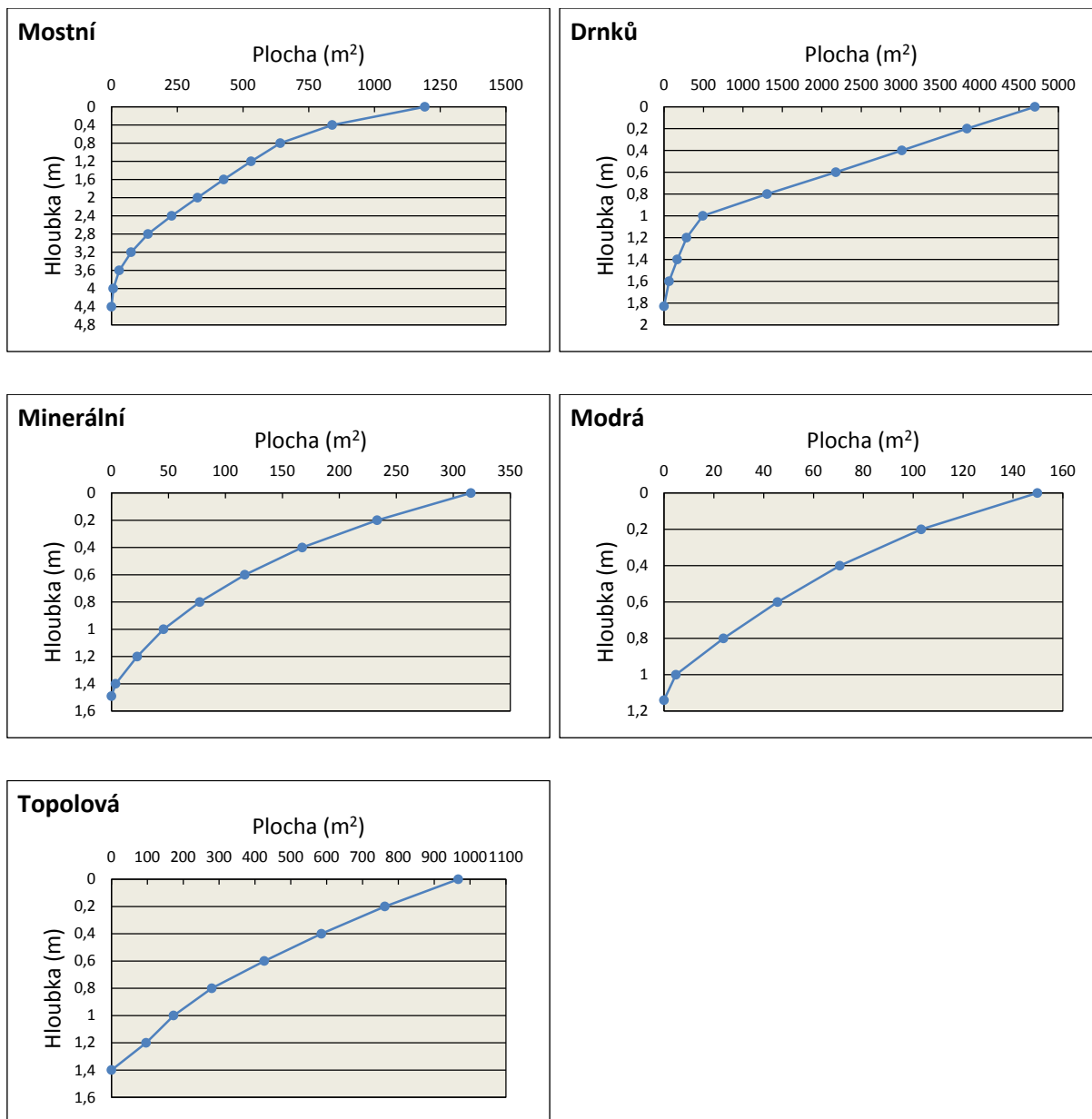
Tab. č. 21: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 06 mezi roky 1995 a 2010/11

	1995	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	2010/11	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	ROZDÍL	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	%	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Mostní		1,5	376	80		4,4	1192	196,5		2,9	815,5	116,5		193,3	216,9	145,6
Drnků		0,8	3200	460		1,8	4703	527,9		1,0	1502,7	67,9		125,0	47,0	14,8
Minerální		1,3	198	54		1,5	316	91,4		0,2	117,5	37,4		15,4	59,3	69,3
Modrá		0,7	126	45		1,1	150	50,7		0,4	23,9	5,7		57,1	19,0	12,7
Topolová		1,5	896	200		1,4	967	178,7		-0,1	71,4	-21,3		-6,7	8,0	-10,7

Zdroj: Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2010/11 – vlastní měření

Batymetrické křivky na obrázku č. 44 znázorňují podrobný popis hloubkových poměrů všech tůní vyskytujících se v JZ 06.

Obr. č. 44: Batymetrické křivky jezer v JZ 06

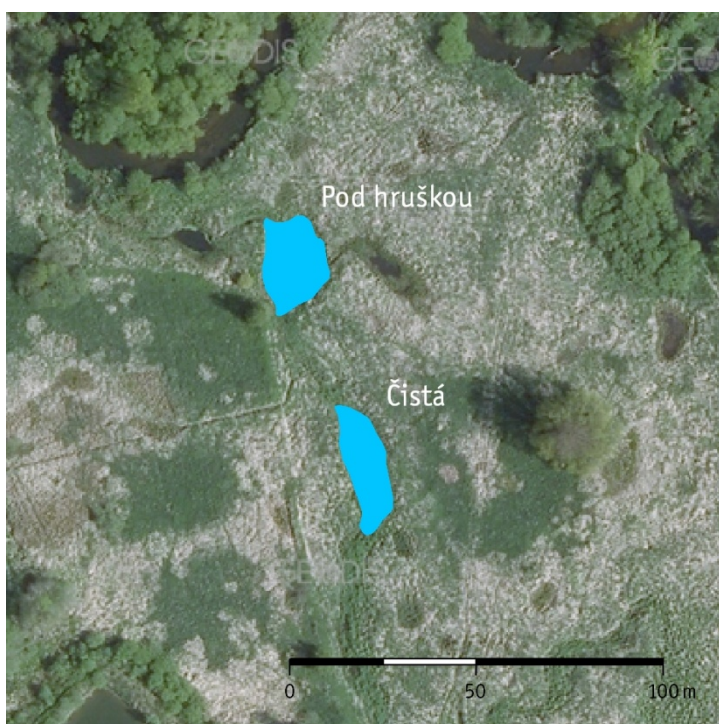




## JZ 07

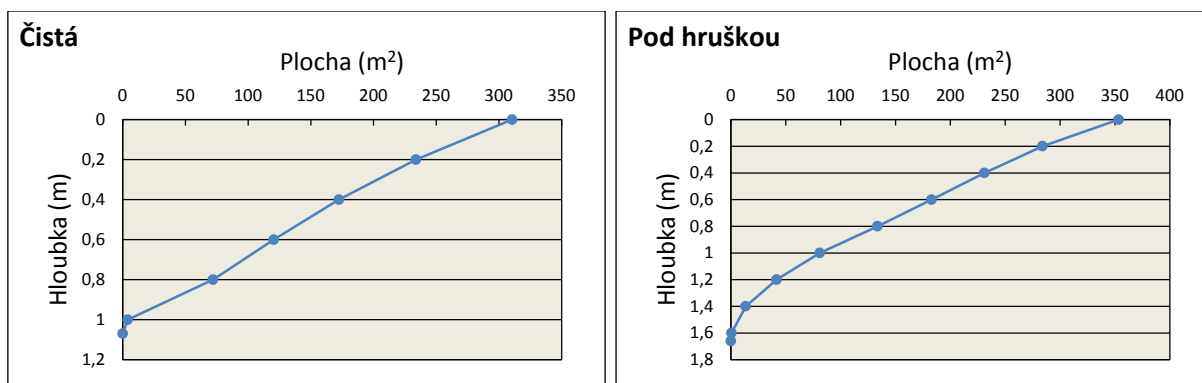
Tato jezerní zóna se vyskytuje v blízkosti 135. kilometru toku. Nachází se zde 2 tůň, které se vyskytují na levém břehu řeky (obr. č. 45). Měření zde proběhlo ve dnech 9. – 10. 6. 2011. Souhrn vypočítaných morfometrických hodnot je uveden v tabulce č. 22. V rámci dlouhodobého porovnání morfometrických charakteristik jsou u těchto tůní zaznamenány největší změny opět v hloubce, která se u obou zvětšila o půl metru (tab. č. 23). Představu o hloubkových poměrech tůní udávají batymetrické křivky na obrázku č. 46. Vytvořené batymetrické mapy jsou uvedeny v přílohách č. 36-37.

Obr. č. 45: JZ 07



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Obr. č. 46: Batymetrické křivky jezer v JZ 07



Tab. č. 22: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 07

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Čistá	310,49	454,39	82,49	35,73	11,66	8,69	1,32	182,66	1,07	0,59	0,55	5,38	8°04'
Pod Hruškou	353,40	454,11	75,65	27,84	18,30	12,69	1,14	264,34	1,66	0,75	0,45	7,83	10°05'

Tab. č. 23: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 07 mezi roky 1995 a 2011

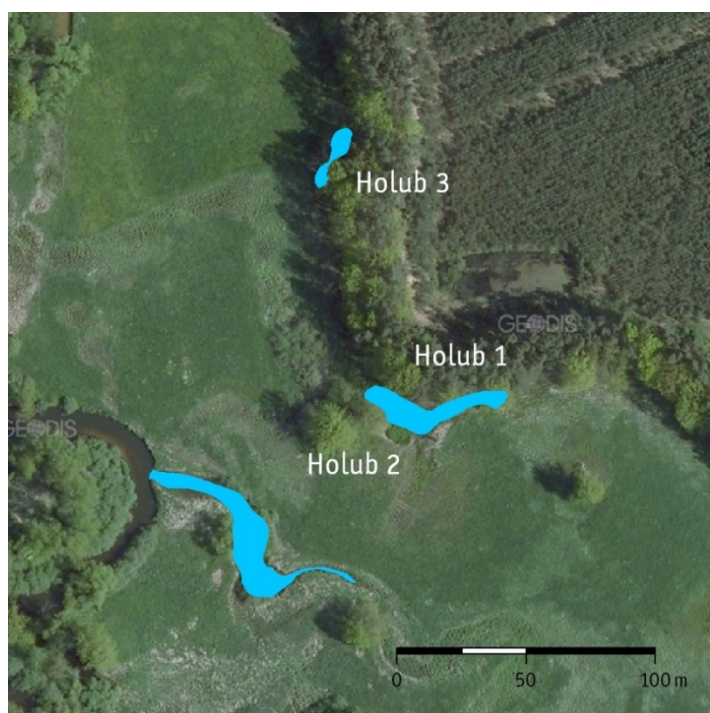
	1995	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	2011	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	ROZDÍL	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	%	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Čistá		0,6	243	73		1,1	311	82,5		0,5	67,5	9,4		83,3	27,8	12,9
Pod hruškou		1,2	329	69		1,7	353	75,7		0,5	24,9	6,7		41,7	7,6	9,7

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2011 – vlastní měření

## JZ 08

Tato zóna se vyskytuje přibližně na 134. říčním kilometru. Jsou do ní zařazeny tři tůňe, které se vyskytují na pravém břehu řeky (obr. č. 47). Měření těchto tůň bylo stejně jako v případě tůň U meteostanice provedeno Holubem v letech 2002 až 2004 v rámci jeho dizertační práce. Základní morfometrické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 24.

Obr. č. 47: JZ 08



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

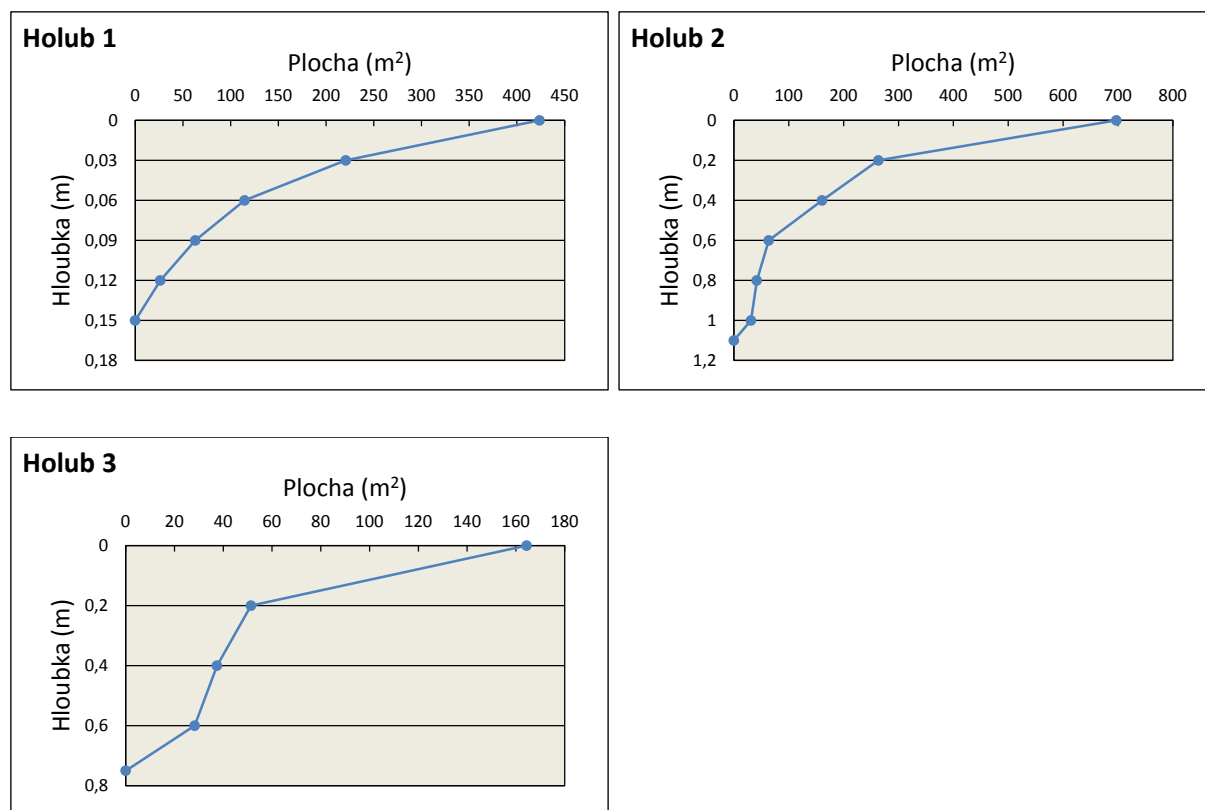
Tab. č. 24: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 08

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Holub 1	423,76	453,55	131,43	47,92	14,44	8,84	1,80	25,46	0,15	0,06	0,40	0,65	1°19'
Holub 2	697,41	453,07	227,19	49,86	20,51	13,99	2,43	251,64	1,10	0,36	0,33	3,69	10°08'
Holub 3	113,02	453,44	60,76	25,59	7,61	4,42	1,61	56,31	0,75	0,50	0,66	6,25	11°25'

V této zóně není uvedena tabulka morfometrických změn v dlouhodobějším rozsahu, neboť tyto tůň nebyly v roce 1995 do výzkumu zařazeny.

Batymetrické křivky na obrázku č. 48 znázorňují podrobný popis hloubkových poměrů daných tůní. Vytvořené batymetrické mapy jsou uvedeny v přílohách č. 38-40.

Obr. č. 48: Batymetrické křivky jezer v JZ 08

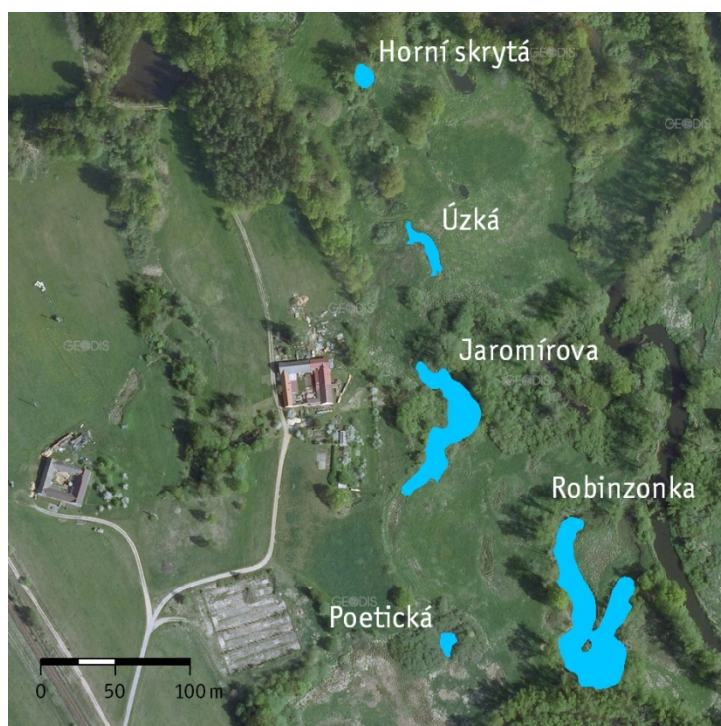




## JZ 09

Tato zóna se vyskytuje přibližně mezi 133. a 134. říčním kilometrem. Je do ní zařazeno 5 tůň vyskytujících se na levém břehu řeky (obr. č. 49). Měření těchto tůň proběhlo ve dnech 9. – 10. 6. 2010. Výjimkou je tůň Robinzonka, která byla dříve zmapována Havlíkovou (2011) mezi roky 2005 a 2006 v rámci srovnávací studie fluviálních jezer. Poskytnutá data byla dále zpracována společně s ostatními mnou naměřenými.

Obr. č. 49: JZ 09



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Základní morfometrické charakteristiky jsou shrnuty v tabulce č. 25. Z porovnání naměřených hodnot je vidět, že absolutně největší hloubky dosahuje tůň Poetická, která ovšem plošně patří k nejmenším. Podle koeficientu členitosti břehové linie lze říci, že se jedná o výrazně kruhovou tůň. Díky těmto charakteristikám dosahuje její relativní hloubka absolutně největší hodnoty ze všech 34 sledovaných tůní. Nejnižší koeficient členitosti břehové linie má však tůň Horní skrytá, která již tvoří téměř pravidelný kruh. Největší plochu, objem i obvod zaujímá tůň Robinzonka, která se vyznačuje i nejvíce protáhlým tvarem.

Tab. č. 25: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 09

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Robinsonka	3911,92	453,55	525,96	117,04	42,10	33,42	2,37	2876,67	1,45	0,74	0,51	2,05	5°32'
Poetická	125,89	453,27	45,97	16,85	12,06	7,47	1,16	168,98	2,50	1,34	0,54	19,75	24°30'
Jaromírova	1585,54	453,44	271,69	80,92	48,42	19,59	1,92	1632,18	2,45	1,03	0,42	5,45	11°51'
Úzká	283,61	453,34	106,44	39,51	12,57	7,18	1,78	182,00	1,33	0,64	0,48	7,00	14°01'
Horní skrytá	159,72	453,14	46,06	16,75	12,82	9,54	1,03	144,29	1,77	0,90	0,51	12,41	14°18'

Změny morfometrických charakteristik v dlouhodobějším časovém rozsahu jsou uvedeny v tabulce č. 26. Velkých rozdílů dosáhla tůň Úzká, jejíž plocha se zvětšila o více jak 300 %, hloubka o 160 % a obvod více jak dvojnásobně.

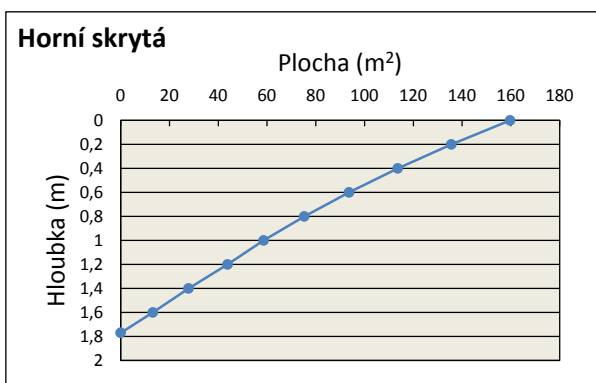
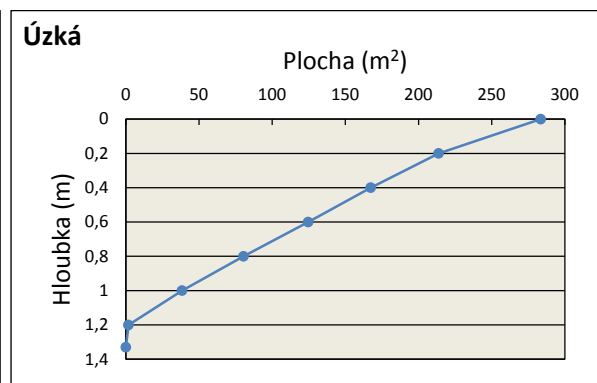
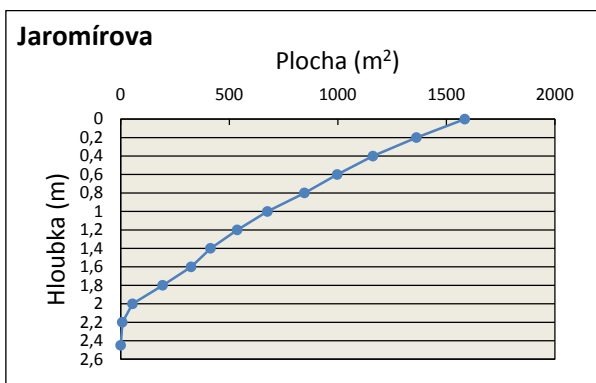
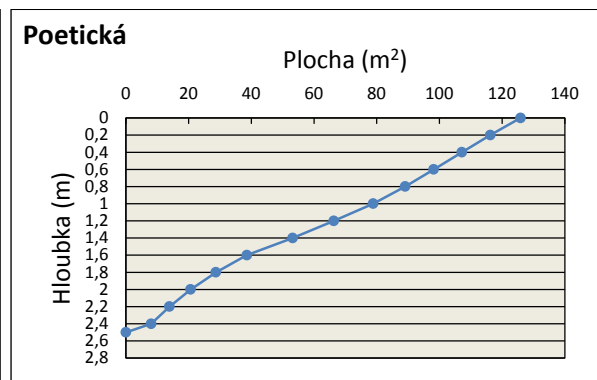
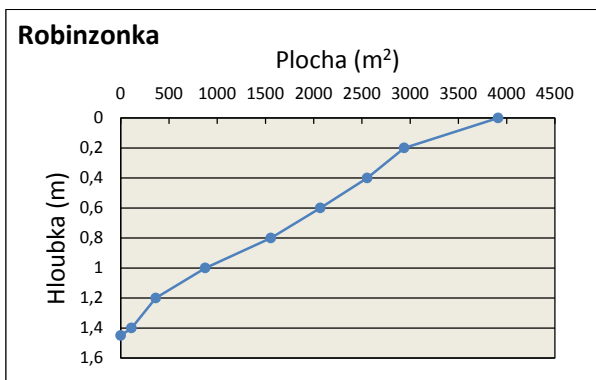
Tab. č. 26: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 09 mezi roky 1995 a 2005/06; 2011

	1995			2005/06/ 11				ROZDÍL				%			
	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Robinsonka	1,2	2200	385		1,5	3912	526		0,3	1711,9	141,0		25,0	77,8	36,6
Poetická	1,8	126	42		2,5	126	46		0,7	-0,1	4,0		38,9	-0,1	9,5
Jaromírova	1,6	464	144		2,5	1586	271,7		0,9	1121,5	127,7		56,3	241,7	88,7
Úzká	0,5	70	50		1,3	284	106,4		0,8	213,6	56,4		160,0	305,1	112,8
Horní skrytá	0,8	112	40		1,8	160	46,1		1,0	47,7	6,1		125,0	42,6	15,3

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2005/06 – Havlíková 2011; data z roku 2011 – vlastní měření

Představu o hloubkových poměrech tůní udávají batymetrické křivky na obrázku č. 50. Vytvořené batymetrické mapy jsou uvedeny v přílohách č. 41-45.

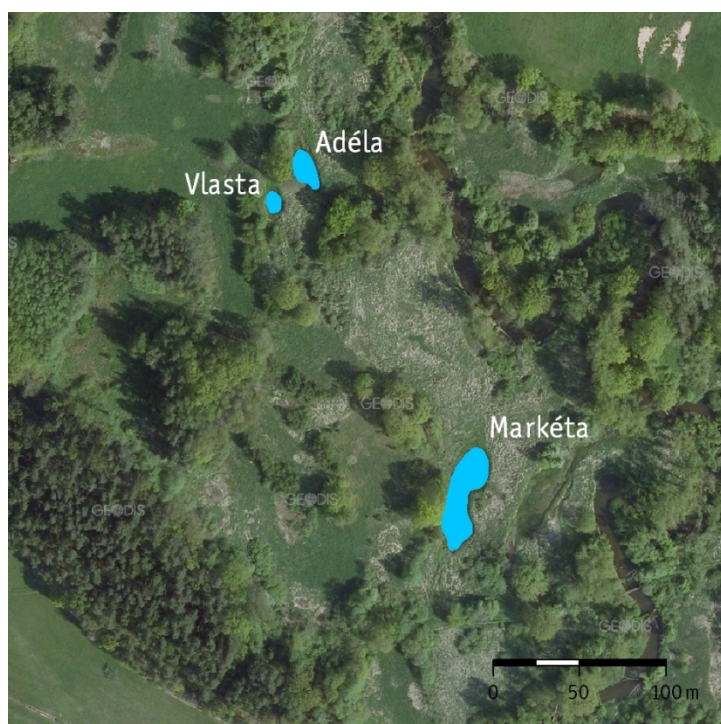
Obr. č. 50: Batymetrické křivky jezer v JZ 09



## JZ 10

Tato poslední zóna se vyskytuje přibližně na 132. kilometru toku. Vyskytují se zde 3 tůň, které se stejně jako většina předchozích nacházejí na levém břehu řeky (obr. č. 51). Měření v této lokalitě proběhlo dne 28. 6. 2011. Souhr vypočítaných morfometrických charakteristik přináší tabulka č. 27. V rámci dlouhodobého porovnání morfometrických charakteristik jsou u tůní Markéta a Vlasta největší změny zaznamenány u hloubky, která se u obou zvětšila o více jak 60 %. U tůně Adéla je největší rozdíl zaznamenán v ploše, jejíž hodnota se zvětšila téměř o 90 % (tab. č. 28).

Obr. č. 51: JZ 10



Zdroj: © GEODIS (2008) / ortofotomapa © GEODIS BRNO, s.r.o

Tab. č. 27: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 10

Název jezera	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Nadm. výška hladiny [m n. m.]	Obvod [m]	Délka [m]	Max. šířka [m]	Prům. šířka [m]	Stupeň členitosti břehové linie	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. hloubka [m]	Prům. hloubka [m]	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka [%]	Prům. sklon dna
	P		O	L	Bmax	Bpr	R	V	hmax	hs	hk	hr	
Markéta	877,76	451,99	144,46	61,50	19,86	14,27	1,38	742,00	2,25	0,85	0,38	6,73	10°28'
Vlasta	91,41	451,62	35,17	12,76	8,75	7,16	1,04	51,99	1,15	0,57	0,49	10,66	12°27'
Adéla	233,93	451,50	61,29	25,50	12,82	9,17	1,13	216,62	2,03	0,93	0,46	11,76	14°53'

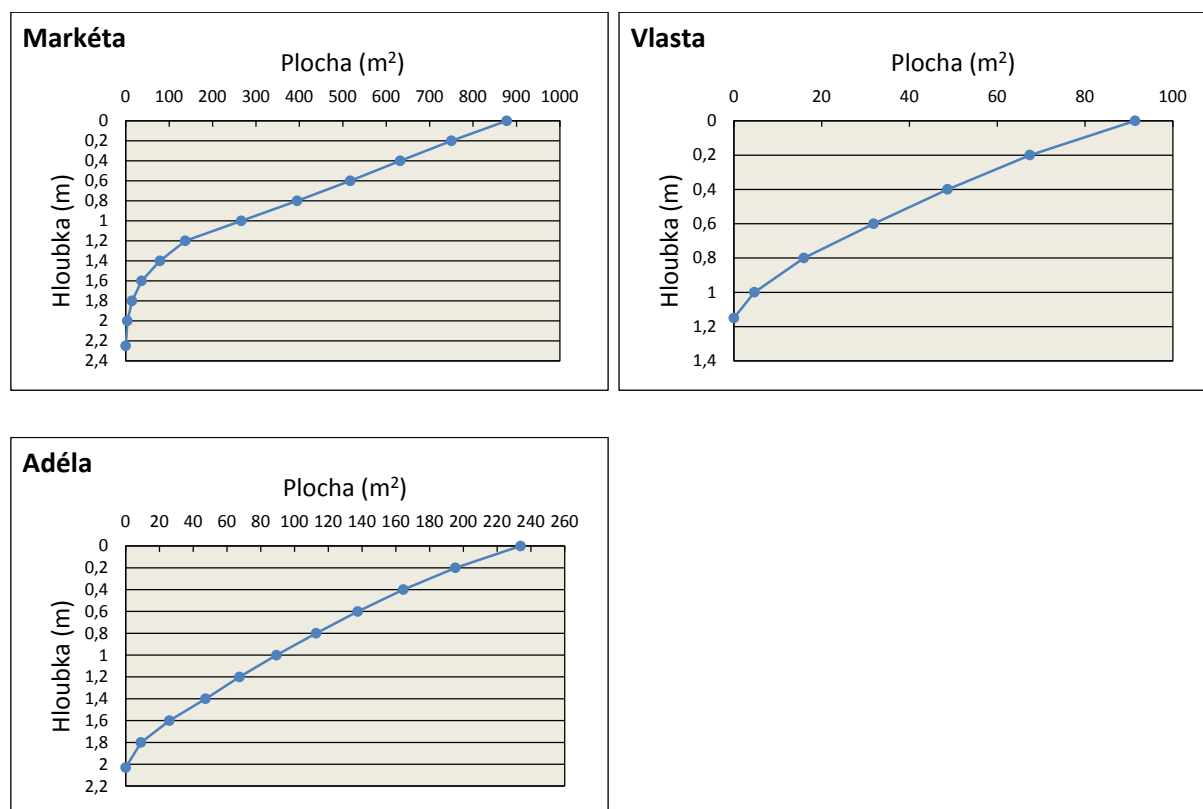
Tab. č. 28: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 06 mezi roky 1995 a 2011

	1995			2011			ROZDÍL				%			
	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]	hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]		hloubka [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	obvod [m]
Markéta	1,4	725	145	2,3	877,8	144,5		0,9	152,8	-0,5		64,3	21,1	-0,3
Vlasta	0,7	58	30	1,2	91,4	35,2		0,5	33,4	5,2		71,4	57,6	17,3
Adéla	1,9	124	47	2	233,9	61,3		0,1	109,9	14,3		5,3	88,6	30,4

Zdroj: data z roku 1995 – Pithart, 2007; data z roku 2011 – vlastní měření

Batymetrické křivky na obrázku č. 52 znázorňují podrobný popis hloubkových poměrů daných tůní. Vytvořené batymetrické mapy jsou uvedeny v přílohách č. 46-48.

Obr. č. 52: Batymetrické křivky jezer v JZ 10



## 6. Diskuze

Povodí horní Lužnice představuje velmi zajímavý hydrologický systém. Vysoké množství fluviálních jezer zde vytváří složitý poříční systém. Do konce roku 2011 bylo povodí horní Lužnice hlavní studijní lokalitou pro projekt NAZV „Retence vody v nivách a možnosti jejího zvýšení“. Předešlé výzkumy, provedené v této lokalitě, se zaměřovaly především na biologii a ekologii (Pithart a kol. 2003, Prach, Jeník, Large 1996), anebo také na monitoring podzemních vod (Prach, Jeník, Large 1996).

Z hlediska hodnocení vývoje změn toku a vybraných fluviálních jezer ve sledovaném období od roku 1949 do roku 2009 bylo možné podle leteckých snímků zanalyzovat změnu délky toku v důsledku protržení meandrů či přirozeného, nebo antropogenního napřímení toku a vznik a zánik několika jezer. Původní záměr vyhodnotit změny týkající se samotných jezer, jako například změny jejich tvaru či rozlohy, nemohl být bohužel naplněn. Hlavním důvodem této skutečnosti byl především fakt, že hodnocení vývojových změn probíhalo pouze pomocí leteckých snímků. Jednotlivé snímky měly různou kvalitu a hlavní problém byl především v jejich špatném kontrastu, kdy v některých případech nebylo možné rozeznat samotné jezero od okolní krajiny. Další nevýhodou těchto snímků je skutečnost, že v některých případech dochází k zakrývání přesné hranice jezer i samotného toku okolním porostem. V důsledku toho není možné porovnávat přesný tvar jednotlivých jezer. Posledním faktem, jenž také znemožňoval podrobnější rozbor tůní, byly rozdílné vodní stavy v době snímkování. Letecké snímky byly v jednotlivých letech pořizovány v různých ročních obdobích, a tedy za rozdílných vodních stavů a většího množství rozlité vody v nivě. Vzhledem k těmto faktorům jsou výsledky zaměřeny především na důvody postupného zkracování toku a vznik odškrcených meandrů. Ve sledovaném období došlo v nivě horní Lužnice mezi státní hranicí a Suchdolem nad Lužnicí k 21 případům prolomení meandrů a následnému zkrácení toku, dvěma přirozeným změnám hlavního koryta a dále ke třem případům napřímení toku antropogenní činností. Celkově se řeka v celém sledovaném období 60 let zkrátila z původních 24,97 km na 20,52 km. Tento rozdíl činí 4451 m, což je změna o 17,8 %, z čehož 1650 m bylo ovlivněno antropogenními zásahy.

Z hlediska porovnání výsledků se závěry jiných autorů je možné zmínit například práci Vajskebra (2004), který se zabýval tokem Otavy či práci Zemana (2006), který se věnoval řece Opavě. Oba dva autoři se však ve svých pracích zabývali pouze délkovou změnou říční sítě, kterou také analyzovali na základě leteckých snímků a historických map.

Jejich práce byly však zaměřené na celé povodí těchto řek i jejich přítoků. Jednalo se tedy o mnohem větší rozsah zkoumané lokality. Analýzu historické změny délky říční sítě provedli v rozmezí 150 let na základě dat získaných zpracováním map druhého vojenského mapování a digitální vektorové mapy ZABAGED v prostředí GIS. Vajskebr (2004) uvádí, že v povodí Otavy došlo k výraznému zkrácení celkové délky říční sítě, ze součtu délek toků z 611,6 km na 555,9 km. Rozdíl uvedených údajů činil 55,7 km, což je změna o 9,1 %. Samotný tok Otavy, bez okolních přítoků, byl zkrácen o necelých 6 km. Naopak Zeman (2006) uvádí, že změna délky toku v povodí Opavy byla spíše nevýrazná. Z 285,7 km došlo ke zkrácení o 9,5 km na 276,2 km, což představuje změnu o 3,3 %. Celkově byl tok Opavy bez okolních přítoků zkrácen o 3,6 km. Oba autoři uvádí, že největších změn bylo dosaženo na dolních úsecích toků, a většinu změn říční soustavy přisuzují antropogenní činnosti.

Z hlediska morfometrických a batymetrických měření bylo prokázáno, že soubor všech 34 zkoumaných tůní odpovídá charakteru fluviálních jezer (Havlíková 2011; Chalupová 2011; Šobr 2007). Podle tvaru se dají sledované tůně rozlišit na kruhové, kterých se ve sledované nivě vyskytuje téměř 33 % (jako parametr jsem zvolila stupeň členitosti břehové linie menší než 1,2), oválné (jejichž délka nepřesahuje trojnásobek šířky), kterých se vyskytuje 38 %, a podlouhlé tůně, jež tvoří zbylých 29 %. Plocha tůní se pohybuje v rozmezí od 12,54 do 4702,6 m<sup>2</sup>. Čtyři tůně mají plochu menší než 100 m<sup>2</sup>, 50 % z celého souboru tůní má plochu v rozmezí 100 až 500 m<sup>2</sup> a celkem 5 tůní přesahuje rozlohou 1000 m<sup>2</sup>. Hloubka se pohybuje v rozsahu od 15 cm do 4,4 m, většina tůní má však hloubku v rozmezí 1 až 3 m. Průměrná hloubka těchto sledovaných tůní činí 1,6 m. Hloubka fluviálních jezer je všeobecně relativně malá vůči hlubokým jezerům, ale relativně velká k ploše fluviálních jezer. Hloubka vybraných fluviálních jezer v nivě Lužnice se pohybovala od malé po velmi vysokou relativní hloubku (0,65 až 19,75 %), která vyjadřuje poměr mezi maximální hloubkou a poloměrem kruhu o ploše jezera. Průměrná relativní hloubka všech 34 sledovaných jezer činí 7,54 %, což je hodnota srovnatelná s parametry kráterových jezer. Jedná se tedy o velmi vysokou hodnotu v porovnání s fluviálními jezery v nivách jiných řek. Například v povodí Labe dosahovala vybraná fluviální jezera v práci Havlíkové (2011) hodnot od 0,64 po 1,52 %. Stejných hodnot dosahovala i další labská jezera zkoumaná v pracích Šnajdra (2002), Chalupové (2003) či Turka (2004). Relativní hloubka opuštěných labských ramen zkoumaných Mrázovou dosahovala také podobných hodnot od 0,62 do 2,99 % (vypočítáno podle údajů uvedených v práci Mrázové (2007)). V povodí Svratky dosahovala dvě jezera zkoumaná také Havlíkovou (2011) hodnot 1,47 a 7,47 %. Velmi důležitou roli v tomto parametru zaujímá rozloha tůní. V povodí Lužnice i Svratky dochází pravidelně

k povodním, které stále udržují či prohlubují některé tůně, avšak v povodí Labe se jedná spíše o trvalé zanášení a snižování hloubky tůní.

Podrobným popisem a dynamikou vzniku a vývoje tůní v nivě Lužnice se zabýval také Černý (1994). Zmapoval 27 km dlouhý úsek Lužnice mezi státní hranicí s Rakouskem a Starou Hlínou a část nivy Nové řeky v délce 6 km po Stříbřecký most. V úseku mezi státní hranicí a Suchdolem nad Lužnicí zaznamenal cca 160 opuštěných ramen a tůní. Velikost zkoumaných tůní uvádí od 10 m<sup>2</sup> po rozsáhlé systémy tvořené několika navzájem pospojovanými slepými rameny. Tůně dále rozděluje na podlouhlá obloukovitá slepá ramena, kruhové tůně o průměru 15 až 20 m a oválné tůně větších rozměrů. Dalším výzkumem tůní ve sledované nivě se zabýval Pechar a kol. (1996). Ten uvádí plochu 29 sledovaných tůní v rozmezí od 28 do 6300 m<sup>2</sup>. Plocha 80 % těchto tůní byla do 500 m<sup>2</sup>, šest ze sledovaných tůní mělo plochu větší než 1000 m<sup>2</sup>. Dále autor udává relativní hloubku těchto tůní, která v letních měsících činí 10 % a v zimním období ještě více. Výzkumem vodních ploch v povodí horní Lužnice se zabýval i Pithart a kol (2003). Ze souboru 48 tůní jím zkoumaných mělo 50 % z nich plochu 100 až 400 m<sup>2</sup>. Průměrná hloubka tohoto souboru činila stejně jako u mnou sledovaných tůní 1,6 m, přičemž se ale velká část pohybovala v rozmezí menších hloubek (0,5 až 1,5). Udává také, že vzhledem k malé ploše dosahují tůně relativně velkých hloubek, což odpovídá i hodnotám mnou naměřeným. Průměrná hodnota relativních hloubek celého souboru činí 5,2 %, z čehož více jak polovina tůní dosahuje větší hodnoty než 5 %. Dále také uvádí, že okolo 80 % tůní v nivě Lužnice je oválných, kdy jejich délka nepřesahuje trojnásobek šířky, a 20 % tůní je kruhových.

Jedním z důležitých poznatů, získaných mapováním v nivě i analýzou provedených měření, je pozitivní vliv vysoké heterogenity prostředí na retenci vody. V důsledku této heterogenity hladina v jednotlivých fluviálních jezerech i občasné se naplňujících depresích klesá různou rychlostí a při nástupu povodně se voda v nivě zpomalí a do určité míry i zadrží. V nivě horní Lužnice tedy dochází díky rozsáhlým rozlivům k velkému ztlumení malých povodní. Menší šířka nivy v některých místech sledované části povodí má však značný vliv na vyšší rychlost proudění vody, která zde protéká při povodních. Zvyšuje se tak dynamika procesů, při kterých dochází např. k prohlubování tůní či úplnému vzniku nových. To dokládá i fakt, že u většiny tůní porovnávaných v rámci dlouhodobých změn od roku 1995 došlo k prohloubení.

Fluviální jezera, jež se v povodí horní Lužnice vyskytují ve velkém množství, jsou významným hydrologickým fenoménem hrajícím důležitou roli v nivě i celém povodí.



## 7. Závěr

V této diplomové práci byl sledován vývoj toku a jezer v povodí horní Lužnice v úseku mezi státní hranicí a Suchdolem nad Lužnicí. V prostředí geografického informačního systému byly provedeny analýzy leteckých snímků z let 1949, 1952, 1979, 1991, 2001, 2005 a 2009. Jedním z výstupů této práce jsou mapy zvektORIZOVANÝCH TOKŮ vytvořené za jednotlivé roky mapování a z nich vytažené hlavní změny toku a jezer.

Mezi jednotlivými mapováními byly zjištěny postupné změny ve zkracování říční sítě a zánik či vznik některých jezer. V období mezi roky 1949 a 2009 bylo napočítáno 21 případů prolomení meandrů a následné zkrácení toku o téměř 4,5 km. Většina změn byla zapříčiněna přírodními podmínkami. Antropogenní vliv na změnu délky toku (téměř 1,7 km) byl největší v 70. letech 20. století. Jako možné příčiny sledovaných změn bylo bráno v potaz 40 povodňových epizod, které se udály mezi jednotlivými mapováními roky.

Druhá část práce je zaměřena na morfografii zmapovaných jezer. Terénní měření proběhlo v průběhu listopadu roku 2010 a června roku 2011. Niva Lužnice, ve které mapování proběhlo, je z hlediska dynamiky změn morfologických jevů velmi zajímavou lokalitou. Nachází se zde velké množství fluviálních jezer různého tvaru, hloubek a umístění. Výsledkem terénního výzkumu je 34 zmapovaných tůní, jejich morfometrické charakteristiky a batymetrické mapy. V úseku jezerní zóny Základna byly dále sledovány detailnější změny v morfometrii jezerních pánví a v prostoru nivy.

Vývoj toku je úzce spjat s vývojem území a krajiny, proto je nezbytné zabývat se i v budoucnosti historií toků a jejich chováním v krajině. Horní Lužnice je řeka bez velkých technických zásahů do koryta. Střídají se zde úseky, kde dochází k akumulaci, s úseky, kde se boční erozí posouvá meandrový pás a dochází k odškrcování meandrů.

## Seznam použité literatury a zdrojů

- ALBRECHT, J. a kol. (2003): Českobudějovicko. In: Mackovič P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.
- ATLAS PODNEBÍ ČESKA. ČHMÚ. 2007, Praha, 255 s.
- AMOROS, C., ROUX, A. L., REYGROBELLET, J. L., BRAVARD, J. P., PAUTOU, G. (1987): A Method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers*, s. 17-36.
- BALATKA, B., SLÁDEK, J. (1958): Vývoj výzkumu říčních teras v českých zemích. Ústřední ústav geologický v NČSAV, Praha, 288 s.
- BALATKA, B., SLÁDEK J. (1962): Říční terasy v českých zemích. Geofond v NČSAV, Praha, 580 s.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s.
- ČERNÝ, R. (1994): Vegetace makrofyt tůní a slepých ramen nivy řeky Lužnice a její bonifikační význam. Kandidátská disertační práce, Pedagogická fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, Třeboň, 184 s.
- ČERNÝ, R. (2008): Dynamika změn koryta a tůní v nivě řeky Lužnice po povodních v r. 2002 a 2006. In: Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K.: Ekosystémové služby říční nivy. Sborník příspěvků z konference Třeboň, 28. – 30. 4. 2008. Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR, Vodní hospodářství, Třeboň, s 24-29.
- ČESÁK, J., ŠOBR, M. (2005): Metody batymetrického mapování českých jezer. Sborník ČGS, 109, č. 3, Academia, Praha, s. 141 – 151.
- DUB, O. (1957): Hydrológia, hydrografia, hydrometria. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava, 484 s.
- FOREL, F. A. (1901): Handbuch der Seenkunde. Allgemeine Limnologie. Stuttgart. In: ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky – fyziko-geografické a fyzikálně-limnologické poměry. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 235 s.
- FRIEDL, K. a kol. (1991): Chráněná území v České republice. Informatorium, Praha, 274 s.
- GORDON, D. N. a kol. (1998): Stream Hydrology. An Introduction for Ecologists. 2. Ed.. Wiley, 2004.

- HAVLÍKOVÁ, P. (2011): Srovnávací studie fluviálních jezer středního Polabí horní Lužnice a horní Svratky. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 185 s.
- HAVLOVÁ, J. (ed.) (1998): Ekologická studie Lužnice. Hydroprojekt, Praha, 423 s.
- HOLUB, M. (2006): Dynamika ichtyofauny v hydrosystémech aluvia horní Lužnice. Dizertační práce, Katedra rybářství Zemědělské fakulty JU, České Budějovice, 180 s.
- HOLUB, M., DVOŘÁK, P., HARTVICH P. (2008): Ichtyocenóza v lentických vodách horní Lužnice. In: Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K. (eds.), Ekosystémové služby říční nivy. Sborník příspěvků z konference Třeboň, 28. – 30. 4. 2008. Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, Vodní hospodářství, Třeboň, s. 74-84.
- HUSÁK, Š., KVĚT, J. (2000): Terminologie přirozených a umělých biotopů toků s odhadem počtu stojatých vod v aluviích v ČR. In: Pithart, D. (ed): Ekologie aluviálních tůň a říčních ramen. Sborník příspěvků z konference, Botanický ústav AVČR, Třeboň, s. 16-20.
- HUTCHINSON, E., G. (1957): A Treatise on Limnology. Volume I, Geography, physics and chemistry. John Wiley & sons, inc., New York, 1015 s.
- HYDROLOGICKÉ POMĚRY ČESKOSLOVENSKÉ SOCIALISTICKÉ REPUBLIKY 1965 – 1970 Díl I., ČHMÚ, Praha, 414 s.
- CHÁBERA, S. et al. (1985): Neživá příroda. Jihočeská vlastivěda. Jihočeské nakladatelství České Budějovice, České Budějovice, 270 s.
- CHÁBERA, S. (1986): Jižní Čechy. Turistický průvodce ČSSR. Olympia, Praha, 383 s.
- CHÁBERA, S., VOJTĚCH, S. (1972): Terasy řeky Lužnice (I). Terasy Lužnice v kotlině Třeboňské. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, přír. vědy 12, s. 1-10.
- CHÁBERA, S. (1998): Fyzický zeměpis jižních Čech. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 139 s.
- CHALUPOVA, D. (2003): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů ve starém labském rameni Doleháj u Kolína. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 102 s.
- CHALUPOVÁ, D. (2011): Chemismus vody a sedimentů fluviálních jezer Labe. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 272 s.
- JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): Jezera České Republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 216 s.
- JUST T. a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, ZO ČSOP – MŽP – AOPK ČR, 359 s.

- LANGHAMMER, J. (2007): Úpravy toků a údolní nivy jako faktor ovlivňující průběh povodní. In: Langhammer, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK a MŤP, Praha, s. 271–294.
- LEXOVÁ, R. (1995): Management a dynamika fluvialní krajiny v povodí Horní Lužnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 70 s.
- LOŽEK, V. (2003): Povodně a život nivy. Bohemia Centralis (Praha) 26, Agentura ochrany přírody a krajiny, s. 9-24.
- MRÁZOVÁ, M. (2007): Funkce fluvialních jezer ve středním Polabí – Případová studie: Opuštěná labská ramena u Lžovic a Němčic. Bakalářská práce, PřF UK, Praha, 42 s.
- NEKOVÁŘ, F. (1967): Některé zvláštnosti jihočeského klimatu I. část. Pedagogická fakulta České Budějovice, 55 s.
- NETOPIL, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 272 s.
- PECHAR, L., HRBÁČEK, J., PITHART, D., DVOŘÁK, J. (1996): Ecology of pools in the floodplain. In: Prach, K., Jeník, J., Large, A. R. G. (eds): Floodplain Ecology and Management. SPB Academic Publishing, Amsterdam: 209-226.
- PITHART, D., PECHAR, L., ČERNÝ, R., a kol. (2003): Vodní ekosystém v nivě. In: Prach, K., Pithart, D., Francírková, T. (eds). Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách. Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň. Třeboň, s. 37-53.
- PITHART, D., SIMON, O. a kol. (2003): Fenomén přirozených rozlivů v nivách řek. In: Prach, K., Pithart, D. a Francírková, T. (eds.), Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách, Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň, s. 53-59.
- PITHART, D., PICHLOVÁ, R., BÍLÝ, M., HRBÁČEK, J., NOVOTNÁ, K., PECHAR, L. (2007): Spatial and temporal diversity of small shallow waters in river Lužnice floodplain. Hydrobiologia, 584 (1): 265-275.
- PRACH, K., JENÍK, J., LARGE, A.R.G. (eds). (1996): Floodplain ecology and management. Academic publishing bv., Amsterdam, 285 s.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, Brno, 82 s.
- SCHUMM, S. A. (2005): River Variability and Complexity. Cambridge University Press, New York, 220 s.
- SCHÜTZNER, J. (1998): Paleogeografický vývoj povodí a hydrografické sítě. In: Havlová, J. (ed.), Ekologická studie Lužnice, Hydroprojekt a.s., Praha, s. 17-22.

- SVOBODA, P. (2008): Hodnocení upravenosti toku horní Lužnice. Bakalářská práce, PřF UK, Praha, 87 s.
- SVOBODA, P. (2011): Hydrologický režim horní Lužnice. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 99 s.
- ŠIMEK, M. (2008): Hydrologická funkce fluviálních jezer v nivě Horní Lužnice. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 129 s.
- ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky – fyziko-geografické a fyzikálně-limnologické poměry. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 235 s.
- ŠNAJDR, M. (2002): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v mrtvém labském rameni u Obříství. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 86 s.
- ŠTĚRBA, O. (1986): Pramen života. Nakladatelství Panorama, Praha, 221 s.
- ŠTĚRBA, O. a kol. (2008): Říční krajina a její ekosystémy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 391 s.
- TUREK, M. (2004): Komplexní limnologická studie odstaveného labského ramene Libišská tůň v PR Černínovsko. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 82 s.
- VAJSKEBR, V. (2004): Historická změna délky říční sítě v povodí Otavy. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 91 s.
- VÁŇOVÁ, V. (2008): Modelování vlivu změn v krajině na průběh povodní v povodí horní Lužnice. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 87 s.
- VLASÁK, T. (2006): Přehled a klasifikace povodní na Lužnici In: Vlasák, T. (ed.), Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní, PřF UK, Praha, s. 19-26.
- VLASÁK, T. (2007): Povodňové režimy Otavy a Lužnice. In: Langhammer, J. (ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. PřF UK, Praha, s. 105 – 113.
- ZEMAN, Š. (2006): Historická změna délky říční sítě v horním povodí Opavy. Bakalářská práce, PřF UK, Praha, 57 s.
- ŽALOUĐÍK, J., PITHART, D. (2006): Digitální geoinformační model nivy horní Lužnice v úseku státní hranice – Suchdol nad Lužnicí. In: Vzájemné souvislosti retence vody, koloběhu uhlíku a zatížení živinami ve vodních a mokřadních ekosystémech z hlediska globální změny klimatu. Závěrečná zpráva projektu VaV SL/1/6/04 (MŤP, 2004-2006). ÚSBE AV ČR Třeboň, Třeboň, s. 1-8.

## **Mapové podklady**

Barevné ortofoto ČR (20 cm). Argus Geo Systém, s.r.o. Hradec Králové, vytvořeno 2005, 2009.

CEDA. 2008. ČR 150 [online]. [cit. 18.5.2012]. Dostupné z WWW:

<[http://www.ceda.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=11&Itemid=35](http://www.ceda.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=35)>

Černobílé ortofoto ČR (50 cm). CENIA 2010 a GEODIS BRNO, spol. s r.o. 2010, vytvořeno 1952.

Digitální geografická databáze ArcČR 500. [CD-ROM]. Ver. 2.0. Praha: ARCDATA PRAHA s. r. o., 2003.

Letecké snímky černobílé ČR. VGHMÚř Dobruška, MO ČR 2011, vytvořeno 1949, 1979, 1991.

Letecký snímek černobílý ČR. Argus Geo Systém, s.r.o. Hradec Králové, vytvořeno 2001.

VÚV T.G.M. 2007. DIBAVOD [online]. [cit. 18.4.2012]. Dostupné z WWW:

<<http://www.vuv.cz/oddeleni-gis/index.php?id=27>>

## **Zdroje dat**

Agentura ochrany krajiny a přírody v ČR. 2009. CHKO Třeboňsko [online]. [cit. 15.4.2012].

Dostupné z WWW: <<http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz>>

Hydrologická data z měrného profilu Pilař – ČHMÚ

Hydrologická data z měrného profilu Niva – PřF UK

## **Seznam map, tabulek, grafů, obrázků a příloh**

### **Seznam map**

Mapa č. 1: Povodí Lužnice

Mapa č. 2: Poloha povodí horní Lužnice v rámci celého povodí Lužnice

Mapa. č. 3: Geologické poměry v povodí horní Lužnice

Mapa. č. 4: Hydrografie povodí horní Lužnice

Mapa. č. 5: Upravenost trasy toku horní Lužnice

Mapa č. 6: Index upravenosti toku horní Lužnice

Mapa č. 7: Vymezení zájmové oblasti nivy v povodí horní Lužnice

Mapa č. 8: Vymezení nivy pro úsek horní Lužnice od státní hranice po Suchdol n. L.

Mapa č. 9: Přehled jezerních zón v nivě Lužnice

Mapa č. 10: Niva Základny v roce 2009

Mapa č. 11: Niva Základny v roce 2010

### **Seznam tabulek**

Tab. č. 1: Klimatické charakteristiky

Tab. č. 2: Počet rozlivů a délka jejich trvání v nivě Lužnice

Tab. č. 3: Pravděpodobnost výskytu povodní v nivě Lužnici v určitém měsíci v roce

Tab. č. 4: Počet a trvání rozlivů do nivy na 141. km

Tab. č. 5: Počet a trvání rozlivů do nivy na 141. km

Tab. č. 6: Přehled leteckých podkladových dat

Tab. č. 7: Změny délky toku ve sledovaném úseku od 127. km do 149. km mezi jednotlivými roky

Tab. č. 8: Přehled všech zpracovaných tůní

Tab. č. 9: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 01

Tab. č. 10: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 01 mezi roky 2009 a 2010

Tab. č. 11: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 01 mezi roky 1995 a 2010

Tab. č. 12: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 02

Tab. č. 13: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 02 mezi roky 1995 a 2011

Tab. č. 14: Morfometrické charakteristiky jezera v JZ 03

Tab. č. 15: Porovnání morfometrických charakteristik jezera v JZ 03 mezi roky 1995 a 2002/04

Tab. č. 16: Morfometrické charakteristiky jezera v JZ 04

Tab. č. 17: Porovnání morfometrických charakteristik jezera v JZ 04 mezi roky 1995 a 2011

Tab. č. 18: Morfometrické charakteristiky jezera v JZ 05



Tab. č. 19: Porovnání morfometrických charakteristik jezera v JZ 05 mezi roky 1995 a 2011

Tab. č. 20: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 06

Tab. č. 21: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 06 mezi roky 1995 a 2010/11

Tab. č. 22: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 07

Tab. č. 23: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 07 mezi roky 1995 a 2011

Tab. č. 24: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 08

Tab. č. 25: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 09

Tab. č. 26: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 09 mezi roky 1995 a 2005/06; 2011

Tab. č. 27: Morfometrické charakteristiky jezer v JZ 10

Tab. č. 28: Porovnání morfometrických charakteristik jezer v JZ 06 mezi roky 1995 a 2011

### **Seznam grafů**

Graf č. 1: Výskyt povodní na profilu Pilař hodnocen pomocí nejvyšších průměrných denních průtoků za období 1. 1. 1965 až 31. 10. 2010

Graf. č. 2: Průměrné denní průtoky na profilu Pilař znázorňující množství vody v nivě před datem snímkování za jednotlivé roky

Graf č. 3: Celková vodní plocha za jednotlivé roky ( $\text{km}^2$ )

Graf. č. 4: Plocha jezer za jednotlivé roky ( $\text{km}^2$ )

Graf č. 5: Plocha toku za jednotlivé roky ( $\text{km}^2$ )

Graf. č. 6: Délka toku (km) za jednotlivé roky hodnocená pomocí výpočtů v prostředí GIS

Graf č. 7: Křivolakost toku za jednotlivé roky vyhodnocená poměrem skutečné délky toku se vzdáleností mezi jeho koncovými body

Graf č. 8: Chod denních průtoků na profilu Niva za období 28. 4. 2009 až 19. 11. 2011

### **Seznam obrázků**

Obr. č. 1: Řeka Lužnice v Nové Vsi nad Lužnicí

Obr. č. 2: Řeka Lužnice u Dvorů nad Lužnicí

Obr. č. 3: Přírodní rezervace Horní Lužnice

Obr. č. 4: Fluviální jezera v přírodní rezervaci Horní Lužnice

Obr. č. 5: Vývoj meandru

Obr. č. 6: Ukládání materiálu v příčném řezu koryta v oblouku

Obr. č. 7: Typy meandrujících koryt

Obr. č. 8: Příklady vodních objektů v nivách

Obr. č. 9: Názvosloví říčních ramen  
Obr. č. 10: Názvosloví základních objektů řek a jejich niv  
Obr. č. 11: Práce v terénu  
Obr. č. 12: Změna koryta Lužnice mezi 149. a 148,5. km  
Obr. č. 13: Změny koryta Lužnice mezi 148,5. a 148. km  
Obr. č. 14: Změny výskytu jezer v povodí Lužnice na 146. km  
Obr. č. 15: Změna koryta Lužnice mezi 145. a 144. km  
Obr. č. 16: Změna výskytu jezer v povodí Lužnice na 144. km  
Obr. č. 17: Změna koryta Lužnice mezi 144. a 143. km  
Obr. č. 18: Změny koryta Lužnice mezi 143. a 142. km  
Obr. č. 19: Změny koryta Lužnice mezi 142. a 141. km  
Obr. č. 20: Změny koryta Lužnice mezi 141. a 140. km  
Obr. č. 21: Vznik nových jezer v povodí Lužnice mezi 140. a 139. km  
Obr. č. 22: Změny koryta Lužnice mezi 140. a 139. km  
Obr. č. 23: Vznik jezera a změna koryta Lužnice na 139. km  
Obr. č. 24: Vznik jezera a změna koryta Lužnice mezi 137,5. a 137. km  
Obr. č. 25: Změna koryta Lužnice mezi 136,5. a 135. km  
Obr. č. 26: Změny koryta Lužnice mezi 135. a 133,5. km  
Obr. č. 27: Vznik jezer a změna koryta Lužnice mezi 135. a 134. km  
Obr. č. 28: Změna koryta Lužnice mezi 133. a 132,5. km  
Obr. č. 29: Změna koryta Lužnice mezi 131. a 130. km  
Obr. č. 30: Změny koryta Lužnice na 129. km  
Obr. č. 31: Změny koryta Lužnice mezi 128,5. a 127,5. km  
Obr. č. 32: Zánik jezer v povodí Lužnice na 127. km  
Obr. č. 33: JZ 01  
Obr. č. 34: batymetrické křivky jezer v JZ 01  
Obr. č. 35: JZ 02  
Obr. č. 36: Batymetrické křivky jezer v JZ 02  
Obr. č. 37: JZ 03  
Obr. č. 38: Batymetrická křivka jezera v JZ 03  
Obr. č. 39: JZ 04  
Obr. č. 40: Batymetrická křivka jezera v JZ 04  
Obr. č. 41: JZ 05  
Obr. č. 42: Batymetrická křivka jezera v JZ 05

Obr. č. 43: JZ 06  
Obr. č. 44: Batymetrické křivky jezer v JZ 06  
Obr. č. 45: JZ 07  
Obr. č. 46: Batymetrické křivky jezer v JZ 07  
Obr. č. 47: JZ 08  
Obr. č. 48: Batymetrické křivky jezer v JZ 08  
Obr. č. 49: JZ 09  
Obr. č. 50: Batymetrické křivky jezer v JZ 09  
Obr. č. 51: JZ 10  
Obr. č. 52: Batymetrické křivky jezer v JZ 10

### **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Niva horní Lužnice v roce 1949  
Příloha č. 2: Niva horní Lužnice v roce 1952  
Příloha č. 3: Niva horní Lužnice v roce 1979  
Příloha č. 4: Niva horní Lužnice v roce 1991  
Příloha č. 5: Niva horní Lužnice v roce 2001  
Příloha č. 6: Niva horní Lužnice v roce 2005  
Příloha č. 7: Niva horní Lužnice v roce 2009  
Příloha č. 8: Niva horní Lužnice v roce 1949  
Příloha č. 9: Niva horní Lužnice v roce 1952  
Příloha č. 10: Niva horní Lužnice v roce 1979  
Příloha č. 11: Niva horní Lužnice v roce 1991  
Příloha č. 12: Niva horní Lužnice v roce 2001  
Příloha č. 13: Niva horní Lužnice v roce 2005  
Příloha č. 14: Niva horní Lužnice v roce 2009  
Příloha č. 15: Batymetrická mapa - Prokopova  
Příloha č. 16: Batymetrická mapa - Mělká  
Příloha č. 17: Batymetrická mapa - Pod dubem  
Příloha č. 18: Batymetrická mapa - Nová  
Příloha č. 19: Batymetrická mapa - Pithartova  
Příloha č. 20: Batymetrická mapa - Protáhlá  
Příloha č. 21: Batymetrická mapa - T1  
Příloha č. 22: Batymetrická mapa - T2

Příloha č. 23: Batymetrická mapa - T3  
Příloha č. 24: Batymetrická mapa - Malá  
Příloha č. 25: Batymetrická mapa - Esíčko  
Příloha č. 26: Batymetrická mapa - Síťová  
Příloha č. 27: Batymetrická mapa - Klikatá  
Příloha č. 28: Batymetrická mapa - U meteostanice  
Příloha č. 29: Batymetrická mapa - Trojitá prostřední  
Příloha č. 30: Batymetrická mapa - Průtočná  
Příloha č. 31: Batymetrická mapa - Mostní  
Příloha č. 32: Batymetrická mapa - Drnků  
Příloha č. 33: Batymetrická mapa - Minerální  
Příloha č. 34: Batymetrická mapa - Modrá  
Příloha č. 35: Batymetrická mapa - Topolová  
Příloha č. 36: Batymetrická mapa - Čistá  
Příloha č. 37: Batymetrická mapa - Pod hruškou  
Příloha č. 38: Batymetrická mapa - Holub 1  
Příloha č. 39: Batymetrická mapa - Holub 2  
Příloha č. 40: Batymetrická mapa - Holub 3  
Příloha č. 41: Batymetrická mapa - Robinzonka  
Příloha č. 42: Batymetrická mapa - Poetická  
Příloha č. 43: Batymetrická mapa - Jaromírova  
Příloha č. 44: Batymetrická mapa - Úzká  
Příloha č. 45: Batymetrická mapa - Horní skrytá  
Příloha č. 46: Batymetrická mapa - Markéta  
Příloha č. 47: Batymetrická mapa - Vlasta  
Příloha č. 48: Batymetrická mapa - Adéla

---

Není-li u vložených objektů uveden zdroj, pochází z archivu autorky či jsou autorkou vypracovány.